

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**EFFECTO DE TRES LIQUÍDOS DE IGNICIÓN, DERIVADOS DEL PETRÓLEO
(GASOLINA, DIESEL Y THINNER) EN LA COLONIZACIÓN Y SUCESIÓN EN
INSECTOS NECRÓFAGOS, Y SU DETERMINACIÓN Y EFECTO EN LARVAS
DE *Chrysomya rufifacies* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae)**

POR

M en C. BRENDA GUADALUPE SILVA SALINAS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN
CIENCIAS CON ACENTUACIÓN EN ENTOMOLOGÍA MÉDICA**

MAYO, 2018

**EFFECTO DE TRES LIQUÍDOS DE IGNICIÓN, DERIVADOS DEL PETRÓLEO
(GASOLINA, DIESEL Y THINNER) EN LA COLONIZACIÓN Y SUCESIÓN EN
INSECTOS NECRÓFAGOS, Y SU DETERMINACIÓN Y EFECTO EN LARVAS
DE *Chrysomya rufifacies* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae)**

Comité de Tesis

Dr. Humberto Quiroz Martínez
Director

Dra. Violeta Ariadna Rodríguez Castro
Secretario

Dra. Adriana Elizabeth Flores Suárez
Primer vocal

Dr. Carlos Solís Rojas
Segundo vocal

Dr. Gustavo Ponce García
Tercer vocal

**EFFECTO DE TRES LIQUÍDOS DE IGNICIÓN, DERIVADOS DEL PETRÓLEO
(GASOLINA, DIESEL Y THINNER) EN LA COLONIZACIÓN Y SUCESIÓN EN
INSECTOS NECRÓFAGOS, Y SU DETERMINACIÓN Y EFECTO EN LARVAS
DE *Chrysomya rufifacies* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae)**

Dirección de Tesis

Dr. Humberto Quiroz Martínez
Director

Dr. Elton Solís Esquivel
Director externo

DEDICATORIA

A Dios:

Sin ti no soy nada y nada es posible, por demostrarme en los momentos más difíciles y desafiantes de mi vida que estás conmigo y nunca me dejas y pones en mi camino a las personas indicadas para seguir y lograr todas y cada una de mis metas.

A mi familia:

Mi Sra. madre Bertha Salinas Vázquez mujer fuerte, valiente y guerrera de muchas batallas por el apoyo y amor incondicional que siempre me anima a iniciar y culminar los proyectos que emprendo.

Mi Sr. padre Alfredo Silva Hinojosa por darme la vida y apoyo brindado durante la realización del presente trabajo.

Mi hermano Alfredo Silva Salinas por apoyarme incondicionalmente y seguirme en cada una de una de mis aventuras y proyectos que me propongo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca (293972) otorgada para la realización de este posgrado.

Al Instituto de Criminalística y Servicios Periciales por el apoyo brindado en el uso de sus instalaciones y equipo para el desarrollo de esta investigación.

A mis asesores Dr. Humberto Quiroz Martínez y Dr. Elton Solís Esquivel, por su asesoramiento y apoyo para el desarrollo de esta investigación.

A los miembros del comité por su orientación, sugerencias y aportaciones para la conclusión de esta tesis.

Al Dr. Roberto Mercado y MC. Guadalupe Ismael Malagón Santiago por el asesoramiento y valiosos comentarios en el análisis estadístico del presente trabajo.

Al Dr. Adolfo Caballero Quintero por todas las facilidades brindadas para llevar a cabo y lograr el desarrollo de esta investigación en el laboratorio de Química Forense del Instituto de Criminalística y Servicios Periciales.

Al QBP. Rubén Segura Pérez y Biol. Karla Estela Guajardo Ramírez por toda su ayuda incondicional y desinteresada brindada durante el desarrollo de esta investigación en campo y laboratorio.

A la Dra. Graciela Williams por el apoyo incondicional durante los momentos difíciles y desafiantes que se presentaron durante el desarrollo de esta investigación y por todos esos consejos brindados para seguir y llegar a la culminación de esta meta.

A todos mis amigos y compañeros del Laboratorio de Química Forense del Instituto de Criminalística y Servicios Periciales y Laboratorio de Entomología y Artrópodos de la Facultad de Ciencias Biológicas que contribuyeron con su tiempo, paciencia, compañía, enseñanzas y esfuerzo para la realización de esta investigación.

Al proyecto Entomología Forense CN374-15, por su apoyo

¡Mis más sinceras e infinitas gracias!

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	5
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	9
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
ANTECEDENTES	15
JUSTIFICACIÓN	22
OBJETIVOS	24
CAPÍTULO 1: Determinar el efecto de líquidos de ignición en la colonización de evidencias entomológicas	25
1.1. RESUMEN	25
1.2. INTRODUCCIÓN	26
1.3. MATERIAL Y MÉTODOS	28
1.3.1. Área de estudio	28
1.3.2. Diseño de trabajo de campo	29
1.4. RESULTADOS	33
1.5. DISCUSIÓN	40
CAPÍTULO 2: Determinar la diversidad de especies de insectos necrófagos en necrotrampas ante la presencia de residuos de líquidos de ignición	42
2.1. RESUMEN	42
2.2. INTRODUCCIÓN	43
2.3. MATERIAL Y MÉTODOS	45
2.4. RESULTADOS	47
2.5. DISCUSIÓN	56
CAPÍTULO 3: Evaluar el efecto de los líquidos de ignición en el desarrollo larval <i>Ch. rufifacies</i> (Diptera: Calliphoridae)	57
3.1. RESUMEN	57
3.2. INTRODUCCIÓN	58
3.3. MATERIAL Y MÉTODOS	60
3.3.1 Obtención y mantenimiento de la colonia <i>Ch. rufifacies</i>	60
3.3.2. Preparación de los tratamientos y control	61
3.3.3. Efecto de líquidos de ignición en el desarrollo de <i>Ch. rufifacies</i> mediante líneas de crecimiento	63
3.4. RESULTADOS	66
CAPÍTULO 4: Desarrollo de un método analítico para la detección de residuos de líquidos de ignición en <i>Ch. rufifacies</i> (Diptera: Calliphoridae)	76

4.1. RESUMEN	76
4.2. INTRODUCCIÓN	77
4.3. MATERIAL Y MÉTODOS	79
4.3.1 Obtención de larvas <i>Ch. rufifacies</i> alimentadas con tratamientos y control	79
4.3.2. Separación y extracción de residuos de líquidos de ignición en larvas de dípteros.....	79
4.4. RESULTADOS	82
4.5. DISCUSIÓN	93
CONCLUSIONES	95
PERSPECTIVAS	96
BIBLIOGRAFÍA	97
RESUMEN BIOGRÁFICO	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Insectos que arribaron en necrotrampas rociadas con líquidos de ignición durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015

Tabla 2. Arribo de insectos en necrotrampas rociadas en etapa fresca-hinchada durante las estaciones del año

Tabla 3. Arribo de insectos en necrotrampas rociadas en etapa de descomposición durante las estaciones del año

Tabla 4. Arribo de insectos en necrotrampas rociadas en etapa seca durante las estaciones del año

Tabla 5. Insectos que arribaron en necrotrampas quemadas durante las estaciones del año

Tabla 6. Comparación de Índices de Shannon respecto al Control en necrotrampas rociadas

Tabla 7. Comparación de Índices de Simpson respecto al Control en necrotrampas rociadas

Tabla 8. Diversidad de especies de insectos registrada en necrotrampas rociadas durante las estaciones del año

Tabla 9. Comparación de Índices de Shannon respecto al Control en necrotrampas quemadas

Tabla 10. Comparación de Índices de Simpson respecto al Control en necrotrampas quemadas

Tabla 11. Diversidad de especies de insectos registrada en necrotrampas quemadas durante las estaciones del año

Tabla 12. Medias (\pm DE) de las mediciones largo y ancho de larvas *Ch. rufifacies* (n=10) desde el tiempo de eclosión (t=0) hasta la etapa post-alimenticia.

Tabla 13. Ecuación de la recta con datos obtenidos del largo larval en los tratamientos y control desde la eclosión hasta el largo máximo alcanzado.

Tabla 14. Comparación de las líneas de crecimiento larval de tratamientos con la generada por el control

Tabla 15. Compuestos encontrados en muestras analizadas: gasolina 1% y larvas que fueron alimentadas con hígado quemado con gasolina analizadas en Cromatógrafo de

Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas Clarus 600 T Perkin Elmer

Tabla 16. Compuestos encontrados en muestras analizadas: diesel 5% y larvas que fueron alimentadas con hígado quemado con diesel analizadas en Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas Clarus 600 T Perkin Elmer

Tabla 17. Compuestos encontrados en muestras analizadas: gasolina 1% y larvas que fueron alimentadas con hígado quemado con gasolina analizadas en Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas Clarus 600 T Perkin Elmer

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Adulto de *Chrysomya rufifacies*

Figura 2. a) Hembras y machos de *Ch. ufifacies* y b) Hembras de *Ch. rufifacies* oviponiendo

Figura 3. Área de estudio. a) Cadereyta Jiménez, Nuevo León, b) Vista aérea del sitio de estudio, (c y d) Rancho “Terrero Prieto” comunidad “El Castillo”

Figura 4. Necrotrampa correspondiente a control instalada en rancho “Terrero Prieto” en Cadereyta Jiménez, Nuevo León

Figura 5. a) Necrotrampa control y b) Necrotrampa tratamiento siendo rociada con el líquido de ignición

Figura 6. a) Líquidos de ignición, b) Cabeza de cerdo siendo impregnada con el líquido de ignición thinner, c) Cabeza de cerdo quemándose y d) Cabezas de cerdo quemándose con diferentes líquidos de ignición.

Figura 7. a) Necrotrampas control y (b, cy d) Necrotrampas tratamiento quemadas con gasolina, thinner y diesel respectivamente

Figura 8. Evidencias fotográficas obtenidas de necrotrampas rociadas donde se observa: a) y b) Hembras de *Cochliomyia macellaria* arribando necrotrampa control, c) Necrotrampa diesel con larvas de *Piophil casei* y d) Necrotrampa thinner con *Cochliomyia macellaria* arribando

Figura 9. Arribo de insectos en necrotrampas rociadas con líquidos de ignición durante las estaciones del año en rancho “Terrero Prieto” en Cadereyta Jiménez, Nuevo León

Figura 10. Arribo de insectos en necrotrampas quemadas con líquidos de ignición durante las estaciones del año en rancho “Terrero Prieto” en Cadereyta Jiménez, Nuevo León

Figura 11. Califoridos ovipositando necrotrampas control en la segunda hora de observación de arribos durante la estación de verano en necrotrampas quemadas

Figura 12. a) Observación e inspección semanal de la necrotrampa para la colecta de la entomofauna cadavérica presente y b) Entomofauna cadavérica presente en orificios naturales como orejas

Figura 13. Índices de riqueza obtenidos en necrotrampas rociadas durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015

Figura 14. Índices de Shannon obtenidos en necrotrampas rociadas durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015

Figura 15. Índices de Simpson obtenidos en necrotrampas rociadas durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015

Figura 16. Índices de riqueza obtenidos en necrotrampas quemadas durante las estaciones del año, abril 2015 a enero 2016

Figura 17. Índices de Shannon obtenidos en necrotrampas quemadas durante las estaciones del año, abril 2015 a enero 2016

Figura 18. Índices de Simpson obtenidos en necrotrampas quemadas durante las estaciones del año, abril 2015 a enero 2016

Figura 19. Trampas de botellas colgadas bajo la sombra de los árboles en los márgenes del río San Martín

Figura 20. a) Hígado de res licuándose, b) Hígado de res licuado y transferido a charolas de aluminio c) Hígado de res transferido a bote plástico para ser pesado y d) Hígado de res pesado

Figura 21. a) Hígado de res en charolas de aluminio listos para la quema con el respectivo líquido de ignición, b) Hígado de res quemándose y c) Hígado de res quemado con el líquido de ignición

Figura 22. a) Bandejas plásticas correspondientes a tratamientos y control con huevos de *Ch. rufifacies*

Figura 23. a) Incubadora microbiológica marca Thermo Scientific y b) Bandejas plásticas pertenecientes a tratamientos y control en el interior de incubadora microbiológica

Figura 24. Larva de *Ch. rufifacies* medida con vernier marca scala ®

Figura 25. Hendiduras traqueales de *Ch. rufifacies* presentes en espiráculos posteriores vistas al microscopio luz visible 10X

Figura 26. Grafico de la longitud larval de *Ch. rufifacies* respecto al tiempo

Figura 27. Grafico del ancho larval de *Ch. rufifacies* respecto al tiempo

Figura 28. Grafico de la longitud larval de *Ch. rufifacies* respecto al tiempo construida con la línea tendencia con las medias de las mediciones de largo desde la eclosión hasta el largo máximo alcanzado

Figura 29. Permanencia de estadios larvales en control y tratamientos

Figura 30. Impresión fotográfica de larvas a las 90 h de monitoreo

Figura 31. Impresión fotográfica de larvas a las 96 h de monitoreo

Figura 32. Impresión fotográfica de larvas a las 132 h de monitoreo

Figura 33. Impresión fotográfica de larvas a las 138 h de monitoreo

Figura 34. Traspaso de hígados quemados en botes de plástico capacidad 3.74 L y b) Hígado de res con larvas de *Ch.rufifacies*

Figura 35. Proceso de separación y extracción de residuos de líquidos de ignición en larvas de dípteros

Figura 36. Condiciones del Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas Clarus 600 T Perkin Elmer para el análisis de residuos de líquidos de ignición

Figura 37. Cromatogramas de las muestras del: estándar RLI, gasolina comercial al 1%, control negativo de larvas y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con gasolina comercial obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Figura 38. Cromatogramas de las muestras: estándar RLI y control negativo de larvas obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Figura 39. Cromatogramas de las muestras: control negativo de larvas y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con gasolina comercial obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Figura 40. Cromatogramas de las muestras: gasolina comercial al 1% y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con gasolina comercial obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Figura 41. Cromatogramas de las muestras:, diesel comercial al 5%, larvas alimentadas y expuestas a sustrato con diesel comercial y control negativo de larvas obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Figura 42. Cromatogramas de las muestras:, diesel comercial al 5%, estándar RLI 5ng/mL y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con diesel comercial obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Figura 43. Cromatogramas de las muestras: diesel comercial al 5%, larvas alimentadas y expuestas a sustrato con diesel comercial y control negativo de larvas obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Figura 44. Cromatogramas de las muestras: control negativo de larvas, larvas alimentadas y expuestas a sustrato con thinner comercial y thinner comercial al 5% obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Figura 45. Cromatogramas de las muestras: control negativo de larvas, larvas alimentadas y expuestas a sustrato con thinner comercial y thinner comercial al 5% obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Figura 46. Cromatogramas de la muestra: thinner comercial al 5%, obtenido de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Figura 47. Cromatogramas de la muestra: larvas alimentadas y expuestas a sustrato con thinner comercial obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
°C	Grado Celsius
<i>Ch.</i>	<i>Chrysomya</i>
CS ₂	Bisulfuro de carbono
CLAREM-EM	Cromatógrafo de Líquidos acoplado a un Espectrometría de Masas en Tándem
CL ₅₀	Concentración letal media
d	día
D _{mg}	Índice de Margalef
D	Índice de Simpson
E1412	Práctica estándar para la separación de residuos de líquidos de ignición en muestras de escombros de fuego por concentración pasiva espacio de cabeza con carbón activado
E1618	Método estándar para residuos de líquidos de ignición en extractos de muestras de escombros de fuego por Cromatografía de Gases- Espectrometría de Masas
g	gramo
h	hora
H'	Índice de Shannon-Wiener
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
L	Litro
<i>L.</i>	<i>Lucilia</i>
µg/g	Microgramo/gramo
µL	Microlitro
µg	Microgramo
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
ng	nanogramo

O ₂	Oxígeno
%	Porcentaje
®	Marca registrada
p/v	Relación peso sobre volumen
PMI	Intervalo Post- Mortem.
RLI	Residuo Liquido de Ignición
S	Riqueza de especie
SPME-GC-MS	Microextracción en fase sólidapor cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.
t _R	Tiempo de retención

RESUMEN

Efecto de tres líquidos de ignición, derivados del petróleo (gasolina, diesel, thinner) en la colonización y sucesión en insectos necrófagos, y su determinación y efecto en larvas de *Chrysomya rufifacies* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae)

El presente trabajo tuvo como objetivo general determinar la presencia y efecto de tres líquidos de ignición (gasolina, diesel y thinner) en el crecimiento larval de *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae), así como el registro de la colonización de insectos necrófagos; el cual se desarrolló en el rancho “Terrero Prieto en el municipio de Cadereyta Jiménez, Nuevo León mediante la instalación de necrotrampas las cuales fueron rociadas y quemadas con cada uno de los líquidos de ignición evaluándose la colonización y diversidad de especies durante todas las estaciones del año. Los principales hallazgos de esta investigación proporcionaron información de un efecto en los arribos y colonización de insectos necrófagos, así como en la diversidad de especies; además de mostrar un efecto en el crecimiento de las larvas de la especie blanco de estudio, en el escrito describiremos en cada capítulo con más detalle la metodología y resultados propios a cada objetivo específico planteado para esta investigación.

ABSTRACT

Effect of three ignition liquids, derived from petroleum (gasoline, diesel and thinner) in the colonization and succession in ghouls, and their determination and effect in larvae of *chrysomya rufifacies* (díptera: Calliphoridae).

The main objective of this Project was to determine the presence and effect of three ignition fluids (gasoline, diesel and thinner) in the larval growth of *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae). As well as the registry of the colonization of necrothous insects which was developed in the ranch “Terrero Prieto” in the municipality of Cadereyta Jimenez, Nuevo León through the installation of necrotramps which were sprayed and burned with each of the respective ignition liquids colonization and species diversity are evaluated during all seasons of the year. The main findings of this research provided information on an effect on the arrival and colonization of necrophagous insects, as well as on the diversity of species; In addition to showing an effect in the growth of the larvae of the target species of study, in the writing we will describe in each chapter in more detail the methodology and results of each specific objective proposed for this investigation.

INTRODUCCIÓN

En la Entomología Médica Forense, los insectos son utilizados como evidencias en el esclarecimiento de crímenes perpetrados contra humanos o vida silvestre, en ocasiones el término puede expandirse hasta incluir otro tipo de artrópodos (Gennard, 2007; Hall, 2008, 2010). En investigaciones forenses las aplicaciones generalmente se enfocan en el estudio de dípteros y escarabajos. En algunas familias, solo los estadios juveniles son los que se alimentan y consumen el cadáver, en otros tanto juveniles como imagos lo hacen del cuerpo en descomposicion. La Entomología Médica Forense ayuda a esclarecer los acontecimientos previos e incluso posteriores al fallecimiento de la persona.

El fuego, un recurso útil para el criminal ya que puede eliminar casi por completo un cadáver o bien destruir aquellas pruebas circunstanciales que pudieran relacionarle con el crimen. El objetivo principal de la investigación de incendios es encontrar el punto de origen del incendio. Una vez que se conoce, se examina el área en busca de posibles causas accidentales y/o evidencias de incendio provocado. Los investigadores determinan que se utilizó para iniciar el siniestro, mediante el envío de la evidencia al laboratorio para su análisis.

Un método utilizado para analizar los restos de escombros de un incendio es mediante el procedimiento directo de extracción del espacio de cabeza. El espacio libre es entre los restos de fuego recolectados y la parte superior del contenedor. Cuando este se calienta, los desechos de vapor se acumularán en el espacio libre. Los vapores se eliminan directamente del espacio superior y el vapor recogido se analiza mediante cromatografía de gases (GC). La Cromatografía de Gases (GC) separa los vapores del iniciador en componentes individuales. Cada componente se registra como un pico separado en un cromatograma. Los diferentes componentes de la mezcla original tomarán diferentes cantidades de tiempo para llegar al detector. En el laboratorio se comparan los cromatogramas de los restos de fuego y el control del sustrato. Esta comparación muestra si se encuentra un químico adicional en los restos del incendio. Esta sustancia química adicional produciría picos adicionales en el cromatograma. Se comparan los picos adicionales en el cromatograma de los restos de un incendio con los

cromatogramas de hidrocarburos conocidos, como la gasolina y el queroseno, permitiendo identificar el iniciador.

El presente trabajo tiene como objetivo principal determinar la presencia y efecto de tres líquidos de ignición (gasolina, diesel y thinner) en el crecimiento larval de *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae), así como el registro de la colonización de insectos necrófagos.

ANTECEDENTES

1. La Entomología Forense y sus ramas de estudio

La Entomología Forense es la interacción entre los insectos y el sistema judicial, se da cuando los insectos o sus acciones pueden ser utilizadas como indicios (Goff, 2003) los cuales se les puede considerar como testigos mudos y veraces de un delito o hecho. Puede considerarse como: Entomología Forense Urbana, Entomología Forense de Producto Almacenado (Hall, 2008 y 2010), así como la Entomología Médica Forense.

La Entomología Forense Urbana estudia insectos de interés legal, como resultado de los daños que causan a una casa habitación, por ejemplo termitas y escarabajos que causan destrucción en madera; derméstidos que dañan y destruyen pieles de animales de adorno o vestimenta. Los insectos serán considerados también como plagas urbanas, siempre y cuando estén dentro de un proceso legal (Byrd y Castner, 2001).

En México, la aplicación de esta rama está documentada en la NOM-144 SEMARNAT-2012 (SEMARNAT, 2012) aún y cuando no se menciona el término es necesaria su aplicación para determinar la presencia de una plaga viva en madera embalada y certificada bajo la norma, tal incumplimiento estaría sujeto a una infracción la cual se sancionaría en los términos de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, su reglamento y demás disposiciones legales aplicables. Otra implicación legal bajo esta misma rama son los daños y perjuicios ocasionados por moscas en la propiedad de los residentes cercanos al área donde se encuentra ganado, granjas o instalaciones con material orgánico en descomposición. El potencial daño de estas moscas no solo es material, como en la depreciación de las propiedades, es también en el de salud pública debido a que son consideradas como vectores mecánicos de enteropatógenos. La Entomología Forense de Producto Almacenado ejemplos, son insectos o sus partes consideradas como materia extraña en productos como cereales y harinas que se encuentran regulados por la Secretaría de Salud, NOM-147-SSA1-1996(SSA, 1999). Considerandose a los insectos como fauna nociva asociados a los establecimientos que se dedican al proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios de acuerdo a la NOM-251-SSA1-2009 (SSA, 2010).

La Entomología Médica Forense, los insectos son utilizados en el esclarecimiento de crímenes perpetrados contra humanos o vida silvestre, en ocasiones el término puede expandirse hasta incluir otro tipo de artrópodos (Gennard, 2007; Hall, 2008, 2010). En investigaciones forenses las aplicaciones generalmente se enfocan en el estudio de dípteros y escarabajos. En algunas familias, solo los estadios juveniles son los que se alimentan y consumen el cadáver, en otros tanto juveniles como imagos se alimentan del cuerpo. La Entomología Médica Forense ayudar a esclarecer los acontecimientos previos e incluso posteriores al fallecimiento de la persona.

Insectos necrófagos, de los órdenes díptera y coleóptera, son atraídos por el cadáver y lo hacen en una sucesión característica; otros del orden coleóptera y de diferentes órdenes e incluso otras clases de artrópodos, son atraídos por el cuerpo en descomposición debido a que son depredadores y parasitoides de los presentes, estos grupos también son útiles en la investigación en criminalística (Goff, 2003; De Jong y Hoback, 2006; Silva-Mello y Aguiar-Coelho, 2009; Zepeda 2012).

La estimación de la edad de los insectos necrófagos o bien el análisis de la composición de especies sobre el cuerpo, ecología, distribución geográfica y comportamiento, hace posible la estimación de PMI (Ament *et al.*, 2011), dicho estudio es quizá el más conocido que cualquier otro, quizá porque responde a la primer pregunta y constante que se formula al ver un cadáver en descomposición (¿cuándo?), sin embargo, no implica que sea la más importante, siempre es necesario establecer el momento del fallecimiento en una investigación, es de importancia determinar o detallar la causa, el mecanismo, los sucesos y las condiciones relacionadas con el deceso.

Nuevas aplicaciones de la entomología forense se siguen estableciendo, como los estudios toxicológicos y moleculares que se llevan a cabo en los insectos presentes en el cuerpo en descomposición que pueden ayudar a determinar, además de la causa de muerte, la identidad de la víctima gracias a la asociación de las larvas con su alimento, por ejemplo cuando el cuerpo ha sido deliberadamente removido y las larvas aún están presentes en el lugar (Ament *et al.*, 2011).

Algunas especies de moscas no solo están presentes en el cadáver, también están en el cuerpo vivo causando una infestación conocida como miasis, la cual en algunos casos pueden llegar a ser mortal, generalmente cuando se asocia con lesiones cerebrales o de otras partes del sistema nervioso (Zúñiga, 2009; Díaz *et al.*, 2011). El estudio de las larvas, puede ser utilizado en conjunto con las observaciones médicas en la autopsia para determinar la causa de la muerte. El conocimiento del sustrato alimenticio y la forma de alimentarse de los insectos también es utilizado en materia médico legal, por ejemplo: la caracterización de manchas de sangre proveniente de las moscas al regurgitar y excretar fluidos del cadáver en las superficies cercanas, esto es útil para identificarlas y diferenciarlas de la sangre proyectada proveniente del impacto o laceración violenta sobre el cuerpo en el momento del crimen, de tal forma que no interfieran en la determinación del lugar del hecho violento en el que se proyectó la sangre del cuerpo (Bavel y Gardner, 2008; Zuha, *et al.*, 2008).

Las lesiones causadas por la actividad alimenticia de las hormigas sobre la piel del cadáver pueden ser confundidas con las lesiones causadas por una gran variedad de armas utilizadas sobre el cuerpo, tanto postmortem como antemortem, la caracterización de las lesiones causadas por hormigas es útil en su identificación al momento de la autopsia en donde se podría mal interpretar el hallazgo (Byrd, 2005). No solo la actividad de los insectos sobre o en el cadáver es útil en la investigación criminal, también la actividad que se desarrolla posterior al contacto con el cadáver, tal es el caso del movimiento del cuerpo seguido de la muerte.

2. *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae): Taxonomía, Biología, Ecología y su importancia Médico Legal.

Ch. rufifacies es una mosca de Australia y Oriente (Holdaway, 1933; Norris, 1959; Greenberg, 1971; Prado y Guimaraes, 1982) con un rango altitudinal de 1,250 m sobre el nivel del mar (James, 1971; Hardy, 1981) hasta 2,100m (Jirón y Marin, 1984). En 1978 se introduce y establece en América Central (Jirón, 1979) por lo que esta se expandió por Estados Unidos y países centroamericanos de forma natural o por el hombre a través de los medios de transportación (aviones, barcos y camiones).

2.1 Taxonomía

Algunos taxónomos creen que *Ch. rufifacies* es conespecífico con *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Patton, 1922; Kurahashi, 1981). Anteriormente las larvas de ambas especies eran indistinguibles (Zumpt, 1965; Gagné, 1981; Richard y Gerrish 1983), se ha descrito una característica diagnóstica confiable para diferenciar el tercer estadio (Erzinclioglu, 1987). Antes de la década de 1970, ambas especies también estaban aisladas geográficamente; *Ch. rufifacies* era de Australia y Oriente y *Ch. albiceps* de África.

2.1.1 Clasificación sistemática de *Ch. rufifacies*



Phylum: Arthropoda

Clase: Hexapoda

Orden: Diptera

Familia: Calliphoridae

Género: *Chrysomya*

Especie: *Ch. rufifacies* (Macquart)

Figura 1. Adulto de *Chrysomya rufifacies*

2.2 Biología

Ch. rufifacies produce una progenie unisexual (Roy y Siddons, 1939; Wilton, 1954; Norris, 1959; Hardy, 1981; Ullerich, 1984), una característica inusual en dípteros superiores. La mayoría de los adultos se aparean 3 a 7 d después de la emergencia en verano (Subramanian y Mohan 1980, Schmidt y Kunz 1985) y 9 a 10 d después de la emergencia en otoño (Mackerras, 1933), pero algunos pueden aparearse tan pronto como 2 d, con oviposición en 5 d (Johnston y Tiegs, 1922; Schmidt y Kunz, 1985).

Los machos son sexualmente maduros al momento de la emergencia (Wilton, 1954). Cada hembra oviposita un promedio de 210 y un máximo de 368 huevos (Roy y Siddons, 1939) (Figura 2). La pupación ocurre en la superficie del suelo o en la parte superior de la carroña (Wilton, 1954; Norris, 1959; Palmer, 1980).

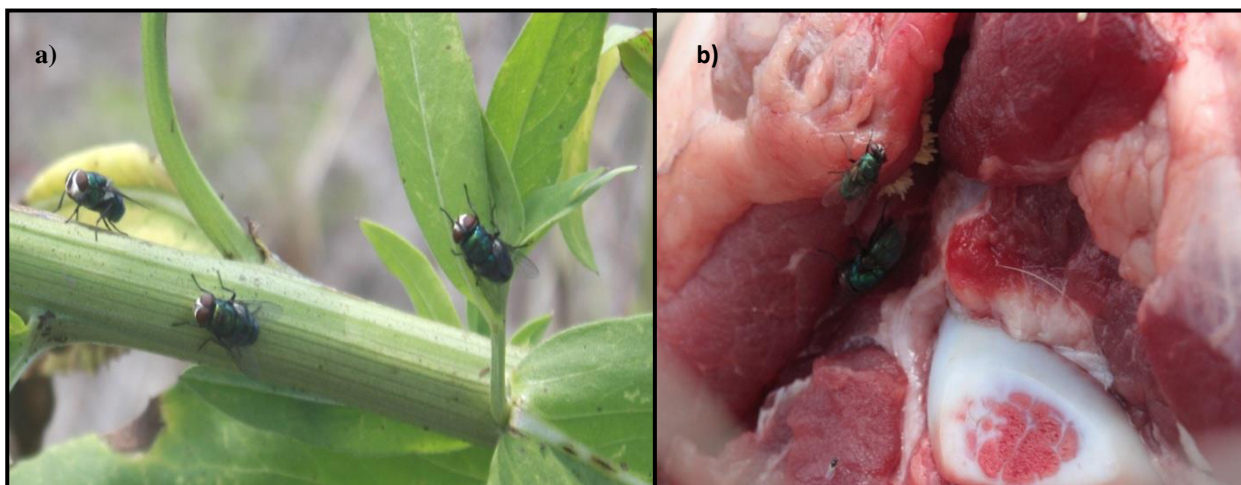


Figura 2.a) Hembras y machos de *Ch.rufifacies* y b) Hembras de *Ch. rufifacies* oviponiendo.

Los machos son sexualmente maduros al momento de la emergencia (Wilton, 1954). Cada hembra oviposita un promedio de 210 y un máximo de 368 huevos (Roy y Siddons, 1939) (Figura 2). La pupación ocurre en la superficie del suelo o en la parte superior de la carroña (Wilton, 1954; Norris, 1959; Palmer, 1980).

Ch. rufifacies tiene una tolerancia a la temperatura que corresponde con su distribución tropical. Las larvas no eclosionan a 9 ° C ya 15 ° C las larvas se desarrollan pero no pupan (O'Flynn, 1983). Según informes, las larvas crecen normalmente hasta la pupación a 40 ° C (Waterhouse, 1947). El umbral de temperatura mínima para la actividad de vuelo de un adulto es 13 ° C (Norris, 1966; Vogt, 1988). La capacidad de las moscas adultas para dispersarse naturalmente depende de su longevidad y rango de vuelo (Tillyard y Seddon, 1933); *Ch. rufifacies* puede vivir 23 a 30 d (Johnston y Tiegs, 1922; Gurney y Woodhill, 1926; Mackerras, 1933; Schmidt y Kunz, 1985) y tiene un rango de vuelo de 0.52 a 1.6 km / d (media, 0.84 km / d) en Australia (Gurney y Woodhill, 1926), lo que resulta en una dispersión máxima potencial de 25,2 km para una sola mosca a lo largo de su vida.

2.3 Ecología

Ch. rufifacies es considerada comodíptero carroñero secundario (Fuller, 1934, Mackerras y Fuller, 1937, James, 1947, Bohart y Gressitt 1951, Palmer 1980), sin embargo en el sur de Queensland, Australia (Mackerras y Mackerras 1966, O'Flynn y Moorhouse 1979, O'Flynn 1980) y Hawaii (Goff y Odom 1987, Tullis y Goff 1987, Goff et al., 1988), se comporta como un díptero carroñero primario.

Los primeros estadios son completamente necrófagos, aunque los estadios segundo y tercero pueden ser facultativamente depredadores de otras larvas de dípteros. Se ha documentado el canibalismo en larvas de segundo estadio por consiguientes que aprovechan de los primeros instares (Fuller, 1934, Khole, 1979, Goodbrod y Goff, 1990). Recientes estudios realizados en laboratorio mencionaron que larvas de tercer estadio son más predadoras que las de segundo estadio (Wells y Greenberg, 1992)

Tomando en cuenta estos comportamientos, *Ch. rufifacies* puede considerarse un agente de control biológico, útil para reducir las poblaciones de moscas transmisoras de patógenos (Patton 1922c, Tillyard y Seddon, 1933, Fuller, 1934, Waterhouse, 1947, Bohart y Gressitt, 1951, Moule, 1951, Shishido y Hardy, 1969, Hardy, 1981). *Ch. rufifacies* repele, compite y caza a *Lucilia cuprina* (Wiedemann) y *Lucilia sericata* (Meigen) en ataques de ovejas en Australia (Tillyard y Seddon, 1933, Fuller, 1934, Austin y Lefroy, 1936, Hardy, 1981, Anderson et al., 1988).

2.4 Importancia Médico Legal

La familia Calliphoridae comprenden un grupo cosmopolita de aproximadamente 1,500 especies, muchas de las cuales son reportadas como colonizadores de cadáveres humanos y animales (Carvalho y Mello-Patiu, 2008). Algunas especies, como las del género *Chrysomya* Robineau-Desvoidy, 1830, tienen relevancia médica como vectores de patógenos, incluyendo bacterias, protozoos y helmintos y como agentes causales de la miasis (Greenberg, 1973). Un estudio realizado en Etiopía mostró que *Ch. rufifacies* fue vector de al menos cinco helmintos parásitos, incluyendo *Ascaris lumbricoides* y cuatro especies de parásitos protozoarios: *Entamoeba histolytica*/dispar, *E. coli*, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* sp. (Getachew et al., 2007).

Ch. rufifacies fue considerado como uno de los indicadores más fiables de los intervalos postmortem en Hawai (Goodbrod y Goff, 1990); debido a su tiempo de desarrollo altamente predecible y bajo grado de variación en el desarrollo de las larvas. La tasa de desarrollo de las larvas de moscas depende principalmente de la temperatura del ambiente (Sukuntason *et al.*, 2008). La preferencia de oviposición de las hembras puede afectar directamente la estimación de PMI al retrasar o acelerar la puesta de huevos (Yang y Shiao, 2012).

Estudios sucesionales con aplicaciones forenses han demostrado que *Ch. rufifacies* es un componente principal en el proceso de descomposición en determinadas regiones de Hawái (Early y Goff, 1986), debido a su naturaleza depredadora y tendencia a ovipositar en áreas oscuras y de noche *Ch. rufifacies* es un díptero que explota y emerge de los cadáveres humanos en una etapa avanzada de descomposición (Poorbaugh, 1989).

JUSTIFICACIÓN

El análisis de prendas calcinadas, restos de escombros, cenizas de un incendio puede indicar la presencia de un líquido inflamable pero la volatilidad de estas sustancias disminuye la probabilidad de detección de los mismos con el tiempo. Cuando en una escena de crimen existe la presencia de restos humanos quemados o semiquemados, las muestras entomológicas pueden ser analizadas para la detección de líquidos de ignición, como una alternativa en el rastreo de iniciadores de incendio y a su vez resolver incógnitas relacionadas con el tiempo de la muerte, es decir el tiempo transcurrido desde el deceso hasta que ha sido hallado el cadáver (intervalo post-mortem (PMI)).

Aún no se conoce el efecto que tienen los líquidos de ignición derivados del petróleo en el arribo, colonización y crecimiento larval de especies de dípteros con actividad en el estado de Nuevo León, el conocimiento de estos efectos contribuirán a una mayor certeza en la estimación de la data de muerte o intervalo post-mortem (PMI) basado en el estudio de larvas que colonizan cadáveres humanos semiquemados y por ende permitirá contribuir al esclarecimiento de hechos relacionados a cadáveres humanos quemados en el estado de Nuevo León.

Debido a que no se cuenta con una metodología analítica capaz de excluir o controlar interferencias en el análisis residuos de líquidos de ignición en cadáveres humanos es necesario el desarrollo e implementación de un método para la determinación de líquidos de ignición derivados del petróleo (gasolina, diesel y thinner) en larvas de dípteros presentes en los cadáveres como primer paso para interpretar una incógnita que prevalece en los mismos cadáveres; el tiempo en que fueron victimados.

HIPÓTESIS

Los arribos, colonización y diversidad de insectos necrófagos se ve afectada por la presencia de líquidos de ignición en cadáveres; las larvas de dípteros podrán ser muestras alternas para detectar la presencia de líquidos de ignición que apoyen la investigación en criminalística; además mediante el efecto de los líquidos de ignición en el crecimiento larval se logra conocer la repercusión en la estimación del tiempo post-mortem

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la presencia y efecto de tres líquidos de ignición (gasolina, diesel y thinner) en el crecimiento larval de *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae), así como el registro de la colonización de insectos necrófagos.

Objetivos específicos

Determinar el efecto de líquidos de ignición en la colonización de insectos en la evidencia entomológica.

Determinar la diversidad de especies de insectos necrófagos en necrotrampas ante la presencia de residuos de líquidos de ignición.

Evaluar el efecto de los líquidos de ignición en el crecimiento larval *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae).

Desarrollo de un método analítico para la detección de residuos de líquidos de ignición en *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae).

CAPÍTULO 1: Determinar el efecto de líquidos de ignición en la colonización de evidencias entomológicas

1.1. RESUMEN

El fuego es un recurso útil para el criminal ya que puede eliminar casi por completo un cadáver o bien destruir aquellas pruebas circunstanciales que pudieran relacionarle con el crimen. Necrotrampas como modelos de estudio fueron utilizadas, cabezas de cerdo (*Sus scrofa*) simulando cuerpos cercenados, impregnados y quemados con líquidos de ignición gasolina, diesel y thinner y sin impregnar; se realizaron observaciones en períodos de 10 minutos después de haber impregnado durante las tres horas de mediodía (12:00 a 15:00 h). Los insectos que se encontraban volando sobre la trampa fueron colectados con una red entomológica y preservados en alcohol etílico al 70%; posteriormente fueron trasladados al laboratorio para su proceso curatorial e identificación. Un total de 3707 insectos fueron identificados, correspondiendo a las necrotrampas quemadas 2,651 y a las rociadas 1056; taxonómicamente en las quemadas se encontraron solo artrópodos de la Clase insecta con siete orden, 23 familias, 13 generos y 11 especies identificadas; a diferencia de las rociadas donde fueron encontrados miriápodos e insectos, es decir dos clases de artrópodos, además de siete orden, 23 familias, 14 generos y 10 especies. Las necrotrampas quemadas presentaron mayor arribo de insectos que las rociadas en todas las estaciones del año. Control y Thinner presentaron los mayores arribos en condiciones de rociado y quemado para cada una de las estaciones del año.

1.2. INTRODUCCIÓN

Los líquidos de ignición son sustancias que aceleran un proceso químico como la combustión y ayudan a la propagación del fuego, son por lo general una mezcla de sustancias orgánicas dentro de las cuales podemos encontrar: keroseno, diluyentes de pinturas (thinner), gasolina y diesel; compuestos que son destilados del petróleo (Akinlab, 2012).

Existen factores que inciden en el tipo de insectos que colonizarán un cuerpo en proceso de descomposición causando variables en el mismo. Estos factores están conformados por factores abióticos como temperatura ambiental, humedad relativa, presión atmosférica, tipo de suelo y estación del año; factores biológicos que se encuentran en el hábitat del hallazgo (Fiene *et al.*, 2014) y un tercer factor lo constituirán las condiciones en las que se encuentra el cadáver, por ejemplo la accesibilidad de los insectos al cuerpo sin vida, ya sea que el cadáver está enterrado, expuesto o quemado (Campobasso *et al.*, 2001).

Los dípteros de la familia Calliphoridae son los primeros insectos en detectar cadáveres y si las condiciones son favorables ovipositan el cuerpo. En tejido quemado se ha presentado una significativa ovoposición de especies de esta familia, sin embargo, los productos como la pintura y gas presentes inducen un retraso en la colonización lo cual conduce a una subestimación del intervalo post-mortem (PMI). (Charabidze *et al.*, 2009).

En un cuerpo quemado y carbonizado dentro de un tanque metálico se retrasa el arribo y colonización por dípteros de la familia Calliphoridae, así mismo este mismo efecto se observó en cerdos quemados dentro de un vehículo incendiado (Catts y Goff, 1992 y Avila y Goff, 1998). La estimación del intervalo post-mortem (PMI) en cuerpos carbonizados es un reto para los investigadores criminalistas, los cuerpos que han sido infestados por larvas aumentan la probabilidad de ser descubiertos así como la determinación del tiempo de muerte (Campobasso, 2001).

Para conocer la colonización de insectos necrófagos en cuerpos quemados se utilizaron carcasas de cerdo como modelos de estudio, registrándose diferencia entre las quemadas y las no quemadas, especies de *Chrysomya* fueron reconocidas como los primeros insectos en colonizar (Avila y Goff, 1998; Kolver y Hendrik, 2009).

Dependiendo el daño por quemaduras en el cadáver, los dípteros pueden establecerse en cavidades internas, lo cual dependerá de sus habilidades para encontrarlas y colocar sus huevos y/o larvas, siendo atraídos por el aroma de las vísceras las cuales fueron expuestas por el fuego, se observaron adultos de las familias Calliphoridae y Sarcophagidae (Introna, 1998; Campobasso,2001).

Con frecuencia el investigador se encuentra en el lugar de los hechos con los intentos por borrar los restos o posibles indicios del autor material del hecho; uno de ellos es el uso del fuego como recurso muy útil para el criminal ya que puede eliminar casi por completo un cadáver hasta que prácticamente no quede nada o bien enfocándose en aquello que pudiera identificarle como lo son: rasgos faciales, huellas dactilares, el cabello o bien destruir aquellas pruebas circunstanciales que pudieran relacionarle con el crimen. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de líquidos de ignición en la colonización de insectos en la evidencia entomológica el cual fue llevado a cabo en el rancho “Terrero Prieto” en el municipio de Cadereyta Jiménez, Nuevo León.

1.3. MATERIAL Y MÉTODOS

1.3.1. Área de estudio

El presente trabajo tuvo lugar en el rancho “Terrero Prieto” perteneciente a la comunidad “El Castillo” en el municipio de Cadereyta Jiménez, Nuevo León(Figura 3); situado a los 100° 00’ 30.73’’ de longitud Oeste y a los 25° 31’ 29.80’’ de latitud Norte a una altura sobre el nivel del mar de 360 m. Se caracteriza por presentar clima cálido y seco estepario, presenta una temperatura media anual de 23 °C, con máximas de 44 °C en verano y mínimas de -5 °C en invierno.

Con lluvias más abundantes en el sur y sureste de Cadereyta Jiménez, Nuevo León; registrándose con mayor ocurrencia entre los meses de agosto a enero y ligeras lloviznas de febrero a mayo, con precipitación pluvial media anual de 601 a 800 mm. Cuenta con una gran variedad de árboles y arbustos con espinas como mezquite, huizache, granjeno, uña de gato, tenaza y otros. En maderas: encino, sabino, nogal, ébano, fresno y palo blanco.

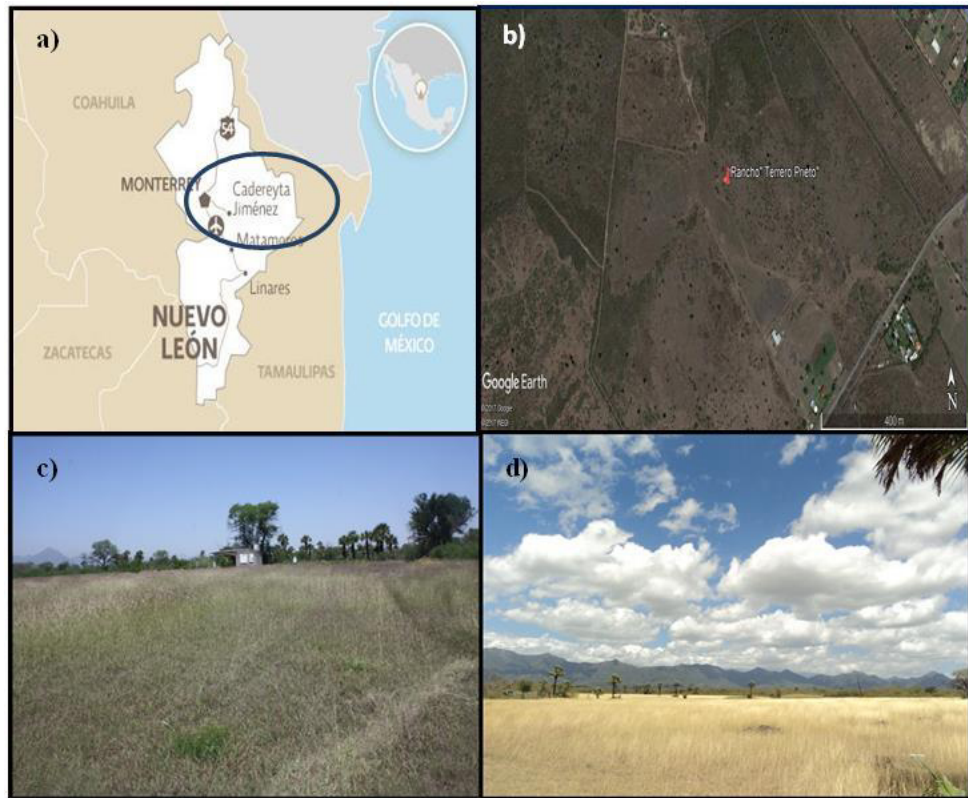


Figura 3. Área de estudio. a) Cadereyta Jiménez, Nuevo León, b) Vista aérea del sitio de estudio, (c y d) Rancho “Terrero Prieto” comunidad “El Castillo”.

1.3.2. Diseño de trabajo de campo

Para determinar el efecto de líquidos de ignición en la colonización de insectos en evidencias entomológicas se llevo a cabo la instalación de necrotrampas como modelos de estudio, las cuales consistieron en cabezas de cerdo con un peso aproximado de 5 kg (*Sus scrofa*) simulando ser cuerpos cercenados; estas se depositaron dentro de jaulas metálicas de alambre galvanizado de 40 X 40 X 40 cm (Figura 4).



Figura 4. Necrotrampa correspondiente a control instalada en rancho “Terrero Prieto” en Cadereyta Jiménez, Nuevo León

La determinación del efecto de líquidos de ignición en la colonización de insectos se llevó a cabo durante dos años tomando en cuenta las cuatro estaciones del año. El primer año de evaluación comprendió abril de 2014 a febrero de 2015 y el segundo año de evaluación abril de 2015 a enero de 2016.

En el primer año de evaluación las necrotrampas tratamiento solamente fueron rociadas con 275 mL del respectivo líquido de ignición; volumen con el cual se obtienen quemaduras de segundo grado según el modelo de estandarización para describir el alcance de lesiones por quemaduras en humanos (Glassman y Crow, 1996) (Figura 5).

En el segundo año las necrotrampas tratamiento fueron impregnadas y posteriormente quemadas en recipientes metálicos 45 X 27cm con el respectivo líquido de ignición (Figura 6). La necrotrampa control no fue rociada ni quemada con ningún líquido de ignición. Fueron colocadas por triplicado en tratamientos y control (Figura 7).

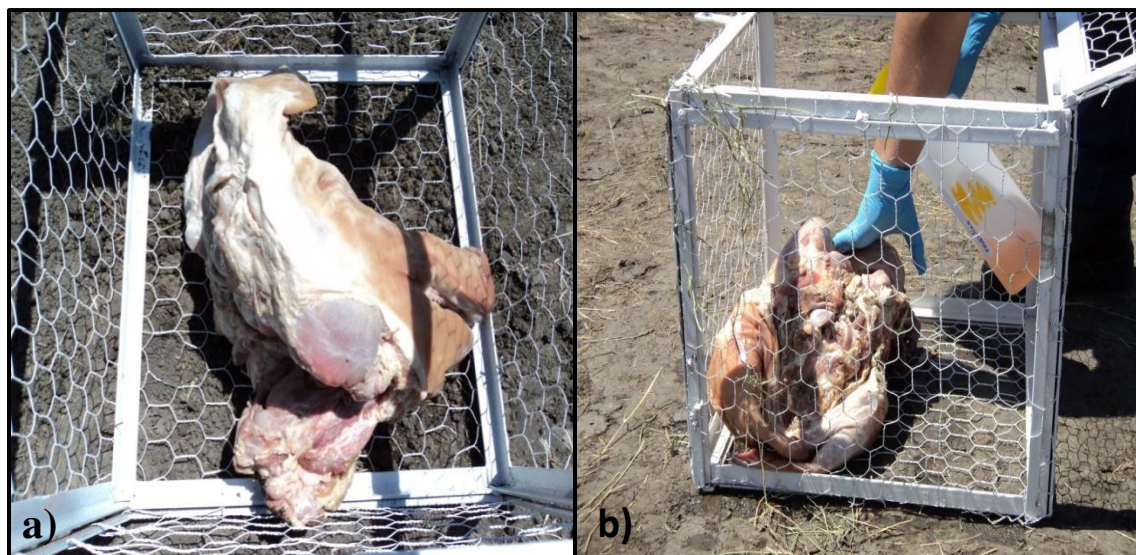


Figura 5. a) Necrotrampa control y b) Necrotrampa tratamiento siendo rociada con el líquido de ignición



Figura 6. a) Líquidos de ignición, b) Cabeza de cerdo siendo impregnada con el líquido de ignición thinner, c) Cabeza de cerdo quemándose y d) Cabezas de cerdo quemándose con diferentes líquidos de ignición.



Figura 7. a) Necrotrampas control y (b, c y d) Necrotrampas tratamiento quemadas con gasolina, thinner y diesel respectivamente

Una vez rociadas, impregnadas, quemadas e instaladas las necrotrampas se realizaron observaciones por períodos de 10 minutos durante las tres horas de mediodía (12:00 a 15:00 h; tiempo en el que se ha determinado los picos de actividad de los insectos) (Figura 8). Los insectos presentes en las necrotrampas fueron colectados después del período de observación; fueron incluidos en alcohol etílico al 70% para causarles la muerte y preservarlos para ser trasladados al Laboratorio de Entomología y Artrópodos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León para su identificación mediante las claves de Aldrich (1916), Hall (1948), Smith (1973), Triplehorn y Johnson (2005) y Whitworth (2006). Los registros de los insectos identificados, densidad, ubicación en la necrotrampa, estado de descomposición, fecha de colecta, temperatura ambiental y de la necrotrampa al momento de la colecta, viento y humedad relativa fueron capturados en una base de datos elaborada en Excell.

Análisis Datos: Para determinar si existe una asociación entre el arribo de insectos y presencia de los líquidos de ignición durante las diferentes estaciones del año en cada etapa de descomposición se llevo a cabo una χ^2 mediante el programa estadístico SPSS Statistics 22.

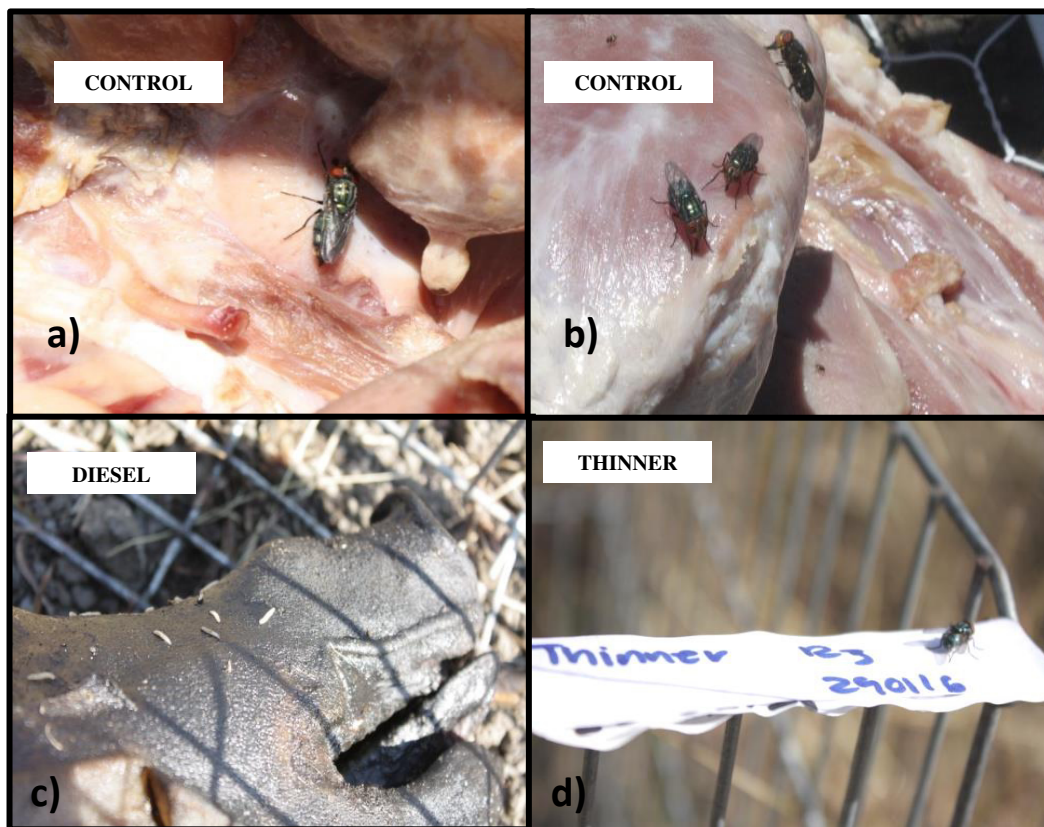


Figura 8. Evidencias fotográficas obtenidas de necrotrampas rociadas donde se observa: a) y b) Hembras de *Cochliomyia macellaria* arribando nectrotrampa control, c) Necrotrampa diesel con larvas de *Piophilidae* casei y d) Nectrotrampa thinner con *Cochliomyia macellaria* arribando.

1.4. RESULTADOS

Un total de 3707 insectos fueron identificados, con la necrotrampa quemada en la cual se obtuvo la mayor densidad con 2651, mientras que la rociada fueron 1056. En la necrotrampa quemada solomane se detectó la presencia de insectos con siete orden, 23 familias, 13 generos y 11 especies; mientras que en la rociada se encontraron ejemplares de la clase de los kmiriapodos e insectos, así como siete orden, 23 familias, 14 generos y 10 especies.

En la figura 9 y 10 se muestra el arribo de insectos presente en cada uno de los tratamientos y control durante todas las estaciones del año en necrotrampas que solo fueron rociadas con cada uno de los diferentes líquidos de ignición y en necrotrampas que fueron impregnadas y posteriormente quemadas con cada uno de los respectivos líquidos hasta que este fue consumido. El arribo fue mayor en necrotrampas quemadas debido a los registros de arribo presentes en control de 1193 individuos, para gasolina 342, diesel 461 y thinner 655 insectos a diferencia de los registros obtenidos en necrotrampas rociadas donde control presentó el arribo de 353 individuos, gasolina 220, diesel 155 y thinner de 328. En ambas condiciones (rociado y quemado); control y thinner registraron el mayor arribo durante todas las estaciones del año.

En la tabla 1 se hace referencia al registro de especies de insectos que arribaron durante todas las estaciones del año para cada uno de los tratamientos en necrotrampas rociadas observándose que los insectos pertenecientes a los ordenes Díptera como: *Ph. casei*, *Co. macellaria*, *M. domestica*, *Fannia sp*, *Chrysomyia sp* y *S. haemorrhoidalis*; Hymenopteros en particular de la familia Formicidae como *Solenopsis sp*; y Coleópteros como: *N. rufipes*, *T. latipennis* y *D. caninus* fueron los que reportaron mayores registros de arribos.

En las tabla 2 a 4 se muestra el número total de insectos que arribaron en control y tratamientos durante las estaciones del año en cada etapa de descomposición observándose que en etapas fresca e hinchada control tenía mayor arribo y diesel menor arribo de insectos durante las estaciones de primavera existió diferencia significativa (χ^2 : 36.58, α : 0.05), verano con diferencia estadística entre los tratamientos (χ^2 : 32.84, α : 0.05) e invierno también con diferencia estadística (χ^2 : 73.78, α : 0.05); en otoño se observó mayor arribo en tratamientos (χ^2 : 19.20, α : 0.05) que en control para la etapa

fresca e hinchada debido a que el arribo de las diferentes especies antes mencionadas se encuentra asociado a las diferentes etapas de descomposición presentes en cada estación del año ante la presencia de los diferentes líquidos de ignición.

En la tabla 5 se hace el registro de especies de insectos que arribaron a necrotrampas quemadas durante las estaciones del año encontrándose que insectos del orden díptera fueron los que mas arribaron como *Co. macellaria*, *Ch.rufifacies*, *P.iophila casei*, *L. sericata*, *L. cuprina*, *M. domestica*, *S. haemorrhoidalis*; orden himenoptera se encuentran *P. barbatusy* *Solenopsis spy* del orden coleóptera se encuentra *N. rufipesy* *D. caninus*.

Durante la observación para registrar los arribos se logro apreciar el momento en que las hembras ovipositaban en las necrotrampas control. En la figura 11 se observan huevos de Califoridos en necrotrampas control durante la estación de verano en la segunda hora de observación de arribos en necrotrampas quemadas.

Arribo de insectos en necrotrampas rociadas, abril 2014 a febrero 2015

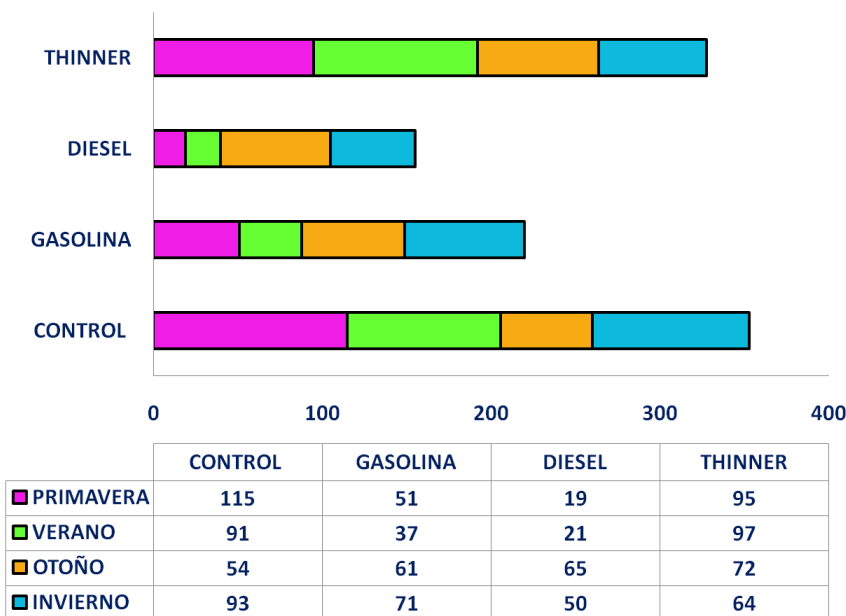


Figura 9. Arribo de insectos en necrotrampas rociadas con líquidos de ignición durante las estaciones del año en rancho “Terrero Prieto” en Cadereyta Jiménez, Nuevo León.

Tabla 1. Insectos que arribaron en necrotrampas rociadas con líquidos de ignición durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015.

FAMILIA	GENERO	PRIMAVERA				VERANO				OTOÑO				INVIERNO				TOTAL
		C	G	D	T	C	G	D	T	C	G	D	T	C	G	D	T	
Miriapodos	x	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	1	1	0	1	8
Gryllidae	x	2	0	0	0	50	3	3	10	2	0	1	1	0	0	0	0	72
Cicadellidae	x	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	4
Pentatomidae	x	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3
Reduviidae	x	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5
Aphididae	x	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5	0	0	0	0	0	7
Halictidae	<i>Halictus sp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Histeridae	<i>Euspilotes assimilis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Saprinus pennsylvanicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Cantharidae	<i>Trypheus latipennis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	4	9	0	0	0	0	23
Dermestidae	<i>Dermestes caninus</i>	0	0	0	0	0	2	0	2	1	1	2	5	0	0	0	0	13
Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i>	1	0	8	1	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	25
Chalcididae	x	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Formicidae	<i>Solenopsis sp</i>	2	2	0	0	20	22	12	85	6	9	0	42	40	12	1	15	268
Tiphiidae	x	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ceratopogonidae	x	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Scatopsidae	x	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	5
Drosophilidae	x	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Chloropidae	x	51	14	0	39	0	0	0	0	10	11	7	7	20	0	10	8	177
Fanniidae	<i>Fannia sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12	21	1	2	5	4	0	51
Muscidae	<i>Musca domestica</i>	1	2	2	3	3	2	2	0	10	3	16	2	2	2	3	0	53
	<i>Synthesiomyia nudiseta</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Calliphoridae	<i>Lucilia sp</i>	4	0	0	0	0	2	3	0	2	1	0	0	0	2	1	0	15
	<i>Cochliomyia macellaria</i>	28	20	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	63
	<i>Chrysomya sp</i>	8	6	4	0	0	0	1	0	0	9	3	1	2	0	1	0	35
Sarcophagidae	<i>Sarcophaga haemorrhoidalis</i>	11	3	2	0	0	4	0	0	3	2	0	1	1	4	1	0	32
Tachinidae	x	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Piophilidae	<i>Piophilidae casei</i>	3	3	0	42	0	0	0	0	1	1	2	1	23	40	28	39	873
TOTAL		115	51	19	95	91	37	21	97	54	61	65	72	93	71	50	64	1746

Tabla 2. Arribo de insectos en necrotrampas rociadas en etapa fresca-hinchada durante las estaciones del año

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Total
Control	108	66	38	78	290
Gasolina	45	21	42	23	131
Diesel	9	8	58	15	90
Thinner	80	31	48	24	183
Total	242	126	186	140	

$$\chi^2 = 109.936; p < 0.0005; g.l. = 9.$$

Tabla 3. Arribo de insectos en necrotrampas rociadas en fase de descomposición durante las estaciones del año

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Total
Control	6	25	8	5	44
Gasolina	2	16	8	11	37
Diesel	8	13	1	18	40
Thinner	10	66	6	13	95
Total	26	120	23	47	

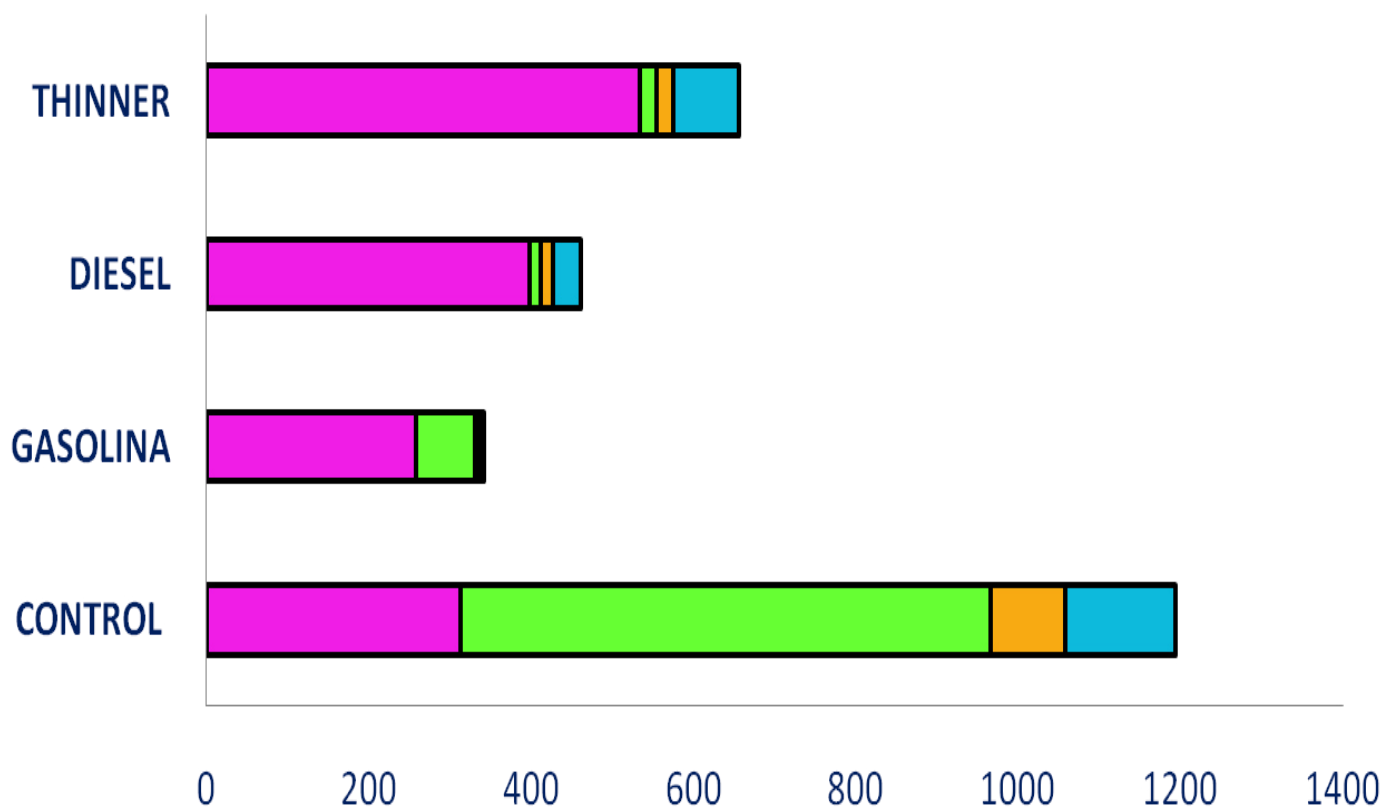
$$\chi^2 = 38.634; p < 0.0005; \text{g.l.} = 9.$$

Tabla 4. Arribo de insectos en necrotrampas rociadas en fase seca durante las estaciones de año

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Total
Control	1	0	8	10	19
Gasolina	4	0	11	37	52
Diesel	2	0	6	17	25
Thinner	5	0	18	27	50
Total	12	0	43	91	

$$\chi^2 = 5.265; p = 0.510; \text{g.l.} = 6.$$

Arribo de insectos en necrotrampas quemadas, abril 2015 a enero 2016



	CONTROL	GASOLINA	DIESEL	THINNER
PRIMAVERA	312	258	397	534
VERANO	653	73	15	20
OTOÑO	92	5	15	20
INVIERNO	136	6	34	81

Figura 10. Arribo de insectos en necrotrampas quemadas con líquidos de ignición durante las estaciones del año en rancho “Terrero Prieto” en Cadereyta Jiménez, Nuevo León.

Tabla 5. Insectos que arribaron en necrotrampas quemadas durante las estaciones del año, abril 2015 a enero 2016

FAMILIA	GENERO	PRIMAVERA				VERANO				OTOÑO				INVIERNO				TOTAL
		C	G	D	T	C	G	D	T	C	G	D	T	C	G	D	T	
Acrididae	x	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4
Tettigoniidae	x	0	0	0	0	22	17	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	49
Gryllidae	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Heteronemiidae	x	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pentatomidae	x	0	0	0	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Reduviidae	x	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Aphididae	x	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	6
Vespidae	x	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Cercopidae	x	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Histeridae	<i>Euspilotus assimilis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Scarabaeus sp</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Scarabaeidae	<i>Scarabaeus laticollis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dermestidae	<i>Dermestes sp</i>	8	8	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i>	11	5	40	14	1	2	5	1	0	0	3	0	0	0	0	0	82
Formicidae	<i>Pogonomyrmex barbatus</i>	16	102	151	86	181	41	33	32	0	0	1	0	63	0	13	57	776
	<i>Solenopsis sp</i>	169	2	28	310	240	5	0	0	79	0	4	17	0	0	0	0	854
Stratiomyidae	x	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Chloropidae	x	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Syrphidae	x	0	0	0	0	0	0	1	0	7	2	2	3	0	0	0	0	15
Muscidae	<i>Musca domestica</i>	3	15	5	17	21	0	6	13	0	0	0	0	8	0	0	0	88
Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i>	7	13	0	0	66	0	1	0	1	0	0	0	5	0	0	1	94
	<i>Lucilia cuprina</i>	2	0	0	0	33	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	39
	<i>Cochliomyia macellaria</i>	22	58	130	101	35	1	2	1	0	0	0	0	30	1	1	4	386
	<i>Chrysomya rufifacies</i>	16	36	14	2	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Sarcophagidae	<i>Sarcophaga haemorrhoidalis</i>	2	2	7	4	12	0	3	1	0	0	1	0	7	0	0	0	39
Tachinidae	x	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Piophilidae	<i>Piophila casei</i>	42	14	11	0	7	4	0	0	0	0	0	0	19	5	20	19	141
Ulidiidae	x	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	9
TOTAL		312	258	397	534	653	73	57	59	92	5	15	20	136	6	34	81	2737

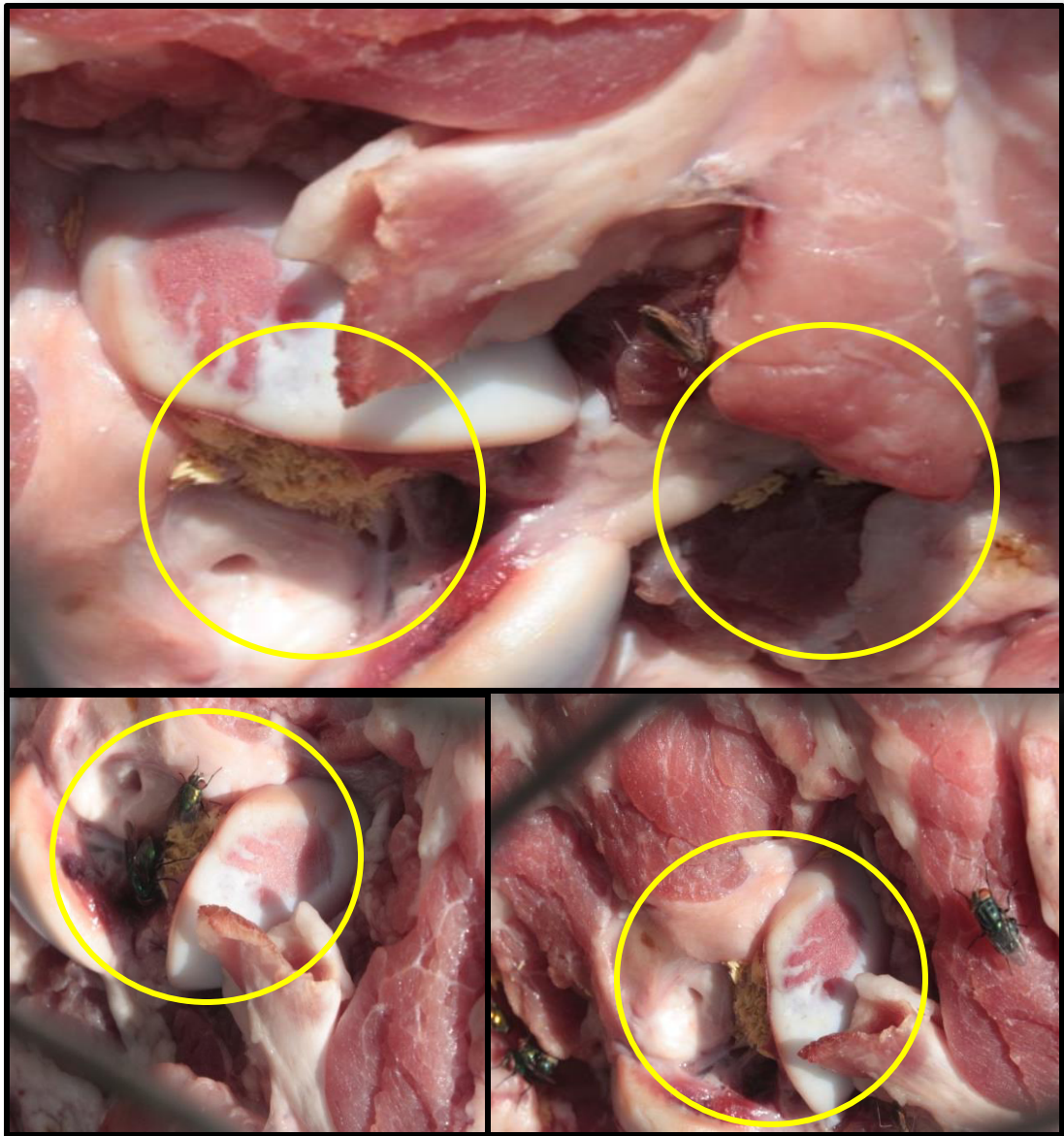


Figura 11. Califóridos ovipositando nectrotrampas control en la segunda hora de observación de arribos durante la estación de verano

1.5. DISCUSIÓN

Fiene *et al.*, (2014) y Campobasso *et al.*, (2001) mencionaron que existen factores que inciden en el tipo de insectos que colonizarán un cuerpo en proceso de descomposición causando variables en el mismo. Estos factores están conformados por factores abióticos como temperatura ambiental, humedad relativa, presión atmosférica, tipo de suelo y estación del año; factores biológicos que se encuentran en el hábitat del hallazgo y un tercer factor lo constituyen las condiciones en las que se encuentra el cadáver. En el presente trabajo las necrotrampas quemadas presentaron mayor arribo de insectos que las rociadas durante todas las estaciones del año debido a la presencia de los líquidos en las necrotrampas y la quema de estas con los respectivos líquidos.

Charabidze *et al.*, (2009) mencionaron que dípteros de la familia Calliphoridae son los primeros insectos en detectar cadáveres y si las condiciones son favorables ovipositan en el cuerpo. En tejido quemado observó una significativa ovoposición de moscas de la familia Calliphoridae, obteniéndose registros menores de arribo en necrotrampas rociadas con diesel en las estaciones de primavera, verano e invierno.

En estudios realizados por Catts y Goff, (1992), Avila y Goff, (1998) en un cuerpo quemado y carbonizado dentro de un tambor metálico observaron el retraso de arribo y colonización por dípteros de la familia Calliphoridae así mismo este mismo efecto se observó en cerdos quemados dentro de un vehículo incendiado lo cual explica la obtención de evidencias fotográficas en la estación de verano en necrotrampas control donde se evidencia el arribo de calífóridos oviponiendo en las necrotrampas control y no en las tratadas las cuales fueron quemadas con los líquidos de ignición.

Introna, (1998) y Campobasso, (2001) mencionaron que dependiendo el daño por quemaduras en el cadáver, los dípteros podrán establecerse en las cavidades internas, lo de acuerdo a sus habilidades para encontrarlas y colocar sus huevos y/o larvas, los cuales serán atraídos por el aroma de las vísceras las cuales quedaran expuestas por el fuego, observándose el arribo de adultos de las familias Calliphoridae y Sarcophagidae razón por la cual existió mayor registro de arribos de insectos en necrotrampas quemadas que en las rociadas pertenecientes a los órdenes díptera, himenoptera y coleóptera

Avila y Goff, (1998); Kolver y Hendrik, (2009) mencionaron que especies de *Chrysomya* fueron reconocidas como los primeros insectos en colonizar lo cual explica la aparición de las especies *Co. macellaria*, *Ch. rufifacies*, *P. casei*, *L. sericata*, *L. cuprina*, *M. domestica*, *S. haemorrhoidalis*; orden himenoptera se encontraron *P. barbatus* y *Solenopsis sp* y del orden coleóptera se encuentra *N. rufipes* y *D. caninus* en necrotrampas quemadas y la aparición de especies como *P. casei*, *Co. macellaria*, *M. domestica*, *Fannia sp*, *Chrysomya sp* y *S. haemorrhoidalis*; Himenopteros de la familia Formicidae como *Solenopsis sp*; y Coleópteros como: *N. rufipes*, *T. latipennis* y *D. caninus* en necrotrampas rociadas.

CAPÍTULO 2: Determinar la diversidad de especies de insectos necrófagos en necrotrampas ante la presencia de residuos de líquidos de ignición

2.1. RESUMEN

Se determinó la diversidad de especies de insectos necrófagos en necrotrampas ante la presencia de residuos de líquidos de ignición mediante la instalación de necrotrampas rociadas y quemadas con los respectivos líquidos (gasolina, diesel y thinner). Instaladas las necrotrampas se acudía semanalmente a realizar muestreos para llevar a cabo la colecta del material biológico (adulto e inmaduro) para posteriormente se sacrificar el material biológico colectado para su correcta identificación en el Laboratorio de Entología y Artropodos de la Universidad Autónoma de Nuevo León mediante las claves taxonómicas de Aldrich (1916), Hall (1948), Smith (1973), Triplehorn y Johnson (2005) y Whitworth (2006). Se obtuvieron base de datos en Excel con la información de insectos identificados, cantidad; con la finalidad de obtener índices ecológicos de riqueza, diversidad y dominancia de especies en las diferentes condiciones de las necrotrampas (rociadas y quemadas). Los líquidos de ignición afectaron la riqueza y diversidad de insectos; menor en Diesel; mayor en Gasolina y Thinner aunque atrajo la colonización de insectos la riqueza y diversidad se vio disminuida.

2.2. INTRODUCCIÓN

Durante la descomposición de un cuerpo pasa por las etapas de fresco, hinchado, descomposición y esqueletización (seco), cada una de ellas atraen a una variedad de artrópodos, principalmente insectos necrófagos como moscas y escarabajos, Dekeirsschieter *et al.*, (2009); una vez situados en los restos, los insectos utilizan el cadáver como fuente de alimento y sitio de ovoposición. Por otro lado los insectos de importancia forense fungen como presas y/o hospederos, atrayendo a otros grupos de artrópodos depredadores y parasitoides Smith, (1973); Byrd y Castner, (2001).

La sucesión de insectos en un cadáver sigue un patrón definido, sin embargo, puede ser afectado por diferentes factores ambientales y geográficos, además de la variedad de condiciones en que un cuerpo sin vida puede ser encontrado Goff, (2000). Una vez comprendida la sucesión, se llevan a cabo análisis de la entomofauna asociada a cadáveres y por este medio se estima el tiempo transcurrido desde la muerte o intervalo postmortem (PIM).

Un estudio desarrollado en Sudáfrica, donde cuatro carcasas de cerdos (*Sus scrofa*) fueron colocadas a campo abierto; una de ellas fue utilizada como control y las tres restantes fueron quemadas con diferentes volúmenes de gasolina hasta alcanzar los grados de quemaduras de segundo y tercer, con variaciones en grados de carbonización. Las carcasas fueron monitoreadas diariamente para actividad de artrópodos, masa, grado de descomposición y microclima para determinar cómo influye lo quemado en la descomposición, colonización, sucesión de insectos y cálculo del intervalo post-mortem, encontrando que existió diferencia significativa en la oviposición las quemadas y el control lo cual influyó en PMI de 1 a 5 días en un cuerpo quemado dominando los dípteros de la familia Calliphoridae (*Ch. marginalis*, *Ch. albiceps* y *Ch. chloropyga*); Coleopteros (*D. maculatus* y *N. rufipes*).

En un estudio realizado en la ciudad de Benha, Egipto en cerdos expuestos durante Abril 2009 a Marzo 2010 la diversidad de insectos aumentó a medida de que avanzó el estado de descomposición, insectos de la familia Dermestidae y Formicidae fueron los primeros colonizadores en todas las estaciones del año. Dípteros de la familia *Sarcophaga*, *Wohlfortia* y *Chrysomya* se observaron en primavera y verano.

La comunidad de insectos aumentó a medida que avanzó el estado de descomposición. Dípteros de *Wholfortia* estuvieron ausentes en invierno y *Chrysomya* en otoño. Los patrones de sucesión de insectos ocurrieron de manera predeciblesecuencia que varió a lo largo de diferentes estaciones. La tasa de descomposición del cadáver era más rápido en verano y otoño en comparación con la primavera y el invierno Ibrahim *et al.*, (2013).

Actualmente no se tiene registros de la diversidad de especies de insectos necrófagos en necrotrampas rociadas y quemadas con líquidos de ignición en el municipio de Cadereyta Jiménez, Nuevo León.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la diversidad de especies de insectos necrófagos en necrotrampas ante la presencia de líquidos de ignición

2.3. MATERIAL Y MÉTODOS

La diversidad de insectos necrófagos en necrotrampas ante la presencia de residuos de líquidos de ignición se determinó durante dos años incluyendo las cuatro estaciones. El primer año de evaluación comprendió abril de 2014 a febrero de 2015 y el segundo año de evaluación de abril 2015 a enero 2016 se llevó a cabo en necrotrampas que fueron rociadas y quemadas con los líquidos de ignición. Para determinar la diversidad de especies de insectos necrófagos en necrotrampas ante la presencia de residuos de líquidos de ignición se realizó semanalmente la colecta de la entomofauna cadavérica. Las muestras entomológicas fueron tomadas con pinzas de punto fino de orificios naturales (Figura 12). Las larvas de moscas fueron sacrificadas en agua caliente y después preservadas en alcohol etílico al 70%; la alta temperatura provocó que el cuerpo se extendiera y quedaran visibles todas las regiones requeridas para su identificación; la cual fue realizada mediante las claves de Aldrich (1916), Hall (1948), Smith (1973), Triplehorn y Johnson (2005) y Whitworth (2006).

Los registros de los insectos identificados, densidad, ubicación en la necrotrampa, estado de descomposición, fecha de colecta, temperatura ambiental y de la necrotrampa al momento de la colecta, viento y humedad relativa fueron capturados en una base de datos elaborada en Excell. Las variables ambientales como la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento fueron registradas con un medidor meteorológico de bolsillo marca Kestrel modelo 400.

Para determinar la sucesión de insectos en necrotrampas tratamiento y control se tomó en cuenta todos los insectos que fueron colectados en el presente estudio. Se contaron y fueron ordenados cronológicamente cada tratamiento y fase de descomposición para cada estación del año.

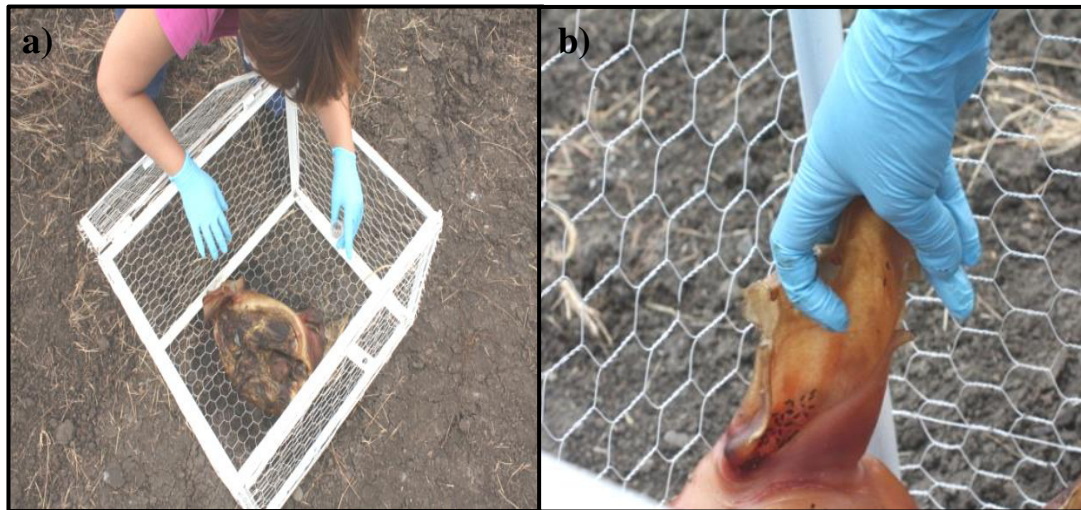


Figura 12. a) Observación e inspección semanal de la necrotrampa para la colecta de la entomofauna cadavérica presente y b) Entomofauna cadavérica presente en orificios naturales como orejas.

Análisis estadístico: Las asociaciones entre los procesos de descomposición cadavérica y especies de insectos, se interpreto aplicando un análisis estadístico con diferentes índices ecológicos: índice de Margalef (D_{mg}) determinó los valores de diversidad alfa en necrotrampas tratamiento y control basándose en la cuantificación de las especies por necrotrampa (riqueza de especie (S)) y se determinó mediante la fórmula $D_{mg} = (S-1)/\ln N$; para determinar la estructura de diversidad alfa en necrotrampas: se utilizaron los índices de abundancia proporcional, para la dominancia se determinó el índice de Simpson ($D = \sum p_i^2$) el cual permite medir las especies que son mejor representadas con mayor valor de importancia y el índice de Shannon-Wiener ($H' = -\sum p_i \ln p_i$), expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (sensible a la presencia de especies raras). Para los índices de riqueza de Margalef y Diversidad de Shannon-Weaver se implementó el programa estadístico Past versión 3.11.

Se usó el software IBM SPSS STATISTICS versión 22, para comparar los índices obtenidos (D_{mg} , D y H') de cada tratamiento en las diferentes estaciones del año a través de la prueba de Kruskal-Wallis y mediante la prueba de C Dunnett se determinó donde se encontraron las diferencias significativas.

2.4. RESULTADOS

Fueron colectados un total de 10,284 insectos, siendo las necrotrampa quemadas las de mayor densidad con 7,392, mientras que las rociadas fueron 2892. Para la primera condición se identificaron: dos clases, miriapoda e insecta, de estos, cuatro órdenes, 14 familias, 21 generos y 19 especies. Mientras que en la segunda condición fueron identificadas dos clases, miriapoda e insecta, de ellos fueron tres órdenes con 19 familias, 22 generos y 19 especies.

En la tabla 8 se muestra la diversidad de especies registrada en necrotrampas rociadas durante todas las estaciones del año donde se observa que los ordenes diptera (Calliphoridae, Sarcophagidae, Phlebotomidae, Fannidae y Muscidae); hymenoptera (Formicidae) y coleoptera (Dermestidae, Cleridae, Nitidulidae) fueron los que presentaron mayores registros de diversidad durante las estaciones del año obteniendose un total de 2892 especies en necrotrampas que fueron rociadas.

En la figura 13 se muestran los índices de riqueza (D_{mg}) obtenidos en necrotrampas rociadas durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015; el tratamiento thinner presentó mayores índices de riqueza para la estación de primavera, gasolina presentó valores mayores para las estaciones de verano y otoño; control presentó valores mayores índices para la estación de invierno.

En la figura 14 se muestran los índices de diversidad Shannon (H) obtenidos en necrotrampas rociadas durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015; gasolina presentó índices de diversidad mayores para las estaciones de primavera (p: $9.10E-14$, α : 0.05) y verano (p: 0.001, α : 0.05) los cuales al ser comparados respecto al control mostraron diferencia significativa (tabla 6). Para la estación de otoño gasolina registra valores de diversidad altos pero al ser comparados con el control estos no muestran diferencia significativa (p: 0.959, α : 0.05); de igual manera sucede para la estación de invierno donde control y gasolina registran valores altos de diversidad los cuales al ser comparados no muestran diferencia significativa (gasolina p: 0.958, α : 0.05) a diferencia de los tratamientos diesel y thinner donde se registran valores menores de diversidad y al ser comparados muestran diferencia significativa (diesel p: $2.07E-14$, α : 0.05) (diesel p: $1.20E-05$, α : 0.05) por lo que la diversidad de especies se vio afectada por diesel y thinner en necrotrampas rociadas)

En la figura 15 se muestran los índices de Simpson (1-D) los cuales expresan dominancia de especies durante las estaciones del año en necrotrampas rociadas con diferentes líquidos de ignición. En estaciones de primavera y verano se registro mayor dominancia de especies en gasolina que al ser comparadas con el control (Tabla 7) presenta diferencia significativa (primavera $p: 1.47E-15$, $\alpha: 0.05$) (verano $p: 0.001$, $\alpha: 0.05$). En otoño, control registro valores de dominancia altos; caso diferente para thinner donde se registra valores menores de dominancia los cuales al ser comparados muestran diferencia significativa ($p: 6.54E-07$, $\alpha: 0.05$) por lo que al estar presente thinner en las necrotrampas disminuyó la dominancia de especies en otoño. En invierno se registra menor dominancia de especies para diesel ($p: 4.00E-14$, $\alpha: 0.05$) y thinner ($p: 1.86E-06$, $\alpha: 0.05$).

Tabla 8. Diversidad de especies de insectos registrada en nectrotrampas rociadas durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015.

FAMILIA	GENERO	PRIMAVERA				VERANO				OTOÑO				INVIERNO				TOTAL
		C	G	D	T	C	G	D	T	C	G	D	T	C	G	D	T	
Mirapodos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	0	6
Staphylinidae	<i>Oxytelinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	7
	<i>Ocyota sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	<i>Hasperalinius sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	<i>Platystethus</i>	5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Histeridae	<i>Euspilotus assimilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
Scarabaeidae	<i>Ataenius spretulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	4
Dermestidae	<i>Dermestes caninus</i>	185	25	59	28	82	23	13	3	17	16	46	62	5	2	3	5	574
Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i>	9	20	52	26	38	15	14	7	8	8	8	6	0	3	6	3	223
Nitidulidae	<i>Nitidula sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	30	0	12	55
Trogidae	<i>Trox monachus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Formicidae	<i>Labidus coecus</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Solenopsis invicta</i>	1	37	4	16	18	16	6	38	12	32	10	4	29	39	5	31	298
	<i>Pogonomyrmex barbatus</i>	1	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Sarcophagidae	-	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Sarcophagidae	<i>Sarcophaga haemorrhoidalis</i>	20	36	17	26	11	39	20	98	0	5	22	4	30	25	1	5	359
Muscidae	<i>Synthesiomyia nudiseta</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
	<i>Musca domestica</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Fanniidae	<i>Fannia canicularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	22	7	33
	<i>Fannia scalaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Chloropidae	-	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	6	7	17	52
Piophilidae	<i>Piophila casei</i>	61	18	275	70	13	1	0	0	9	0	5	3	59	51	138	131	834
Calliphoridae	<i>Cochliomyia macellaria</i>	0	14	98	62	0	45	40	0	4	0	0	0	0	24	0	0	287
	<i>Lucilia cuprina</i>	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	<i>Lucilia sericata</i>	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	10	19
	<i>Phormia regina</i>	0	0	1	0	3	5	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	13
	<i>Chrysomya albiceps</i>	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	<i>Chrysomya rufifacies</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	32	11	0	0	0	2	0	0	47
Drosophilidae	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tachinidae	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Chloropidae	-	0	8	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Sphaeroceridae	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Sciaridae	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
TOTAL		307	159	517	235	169	152	97	148	82	76	98	79	175	189	186	223	2892

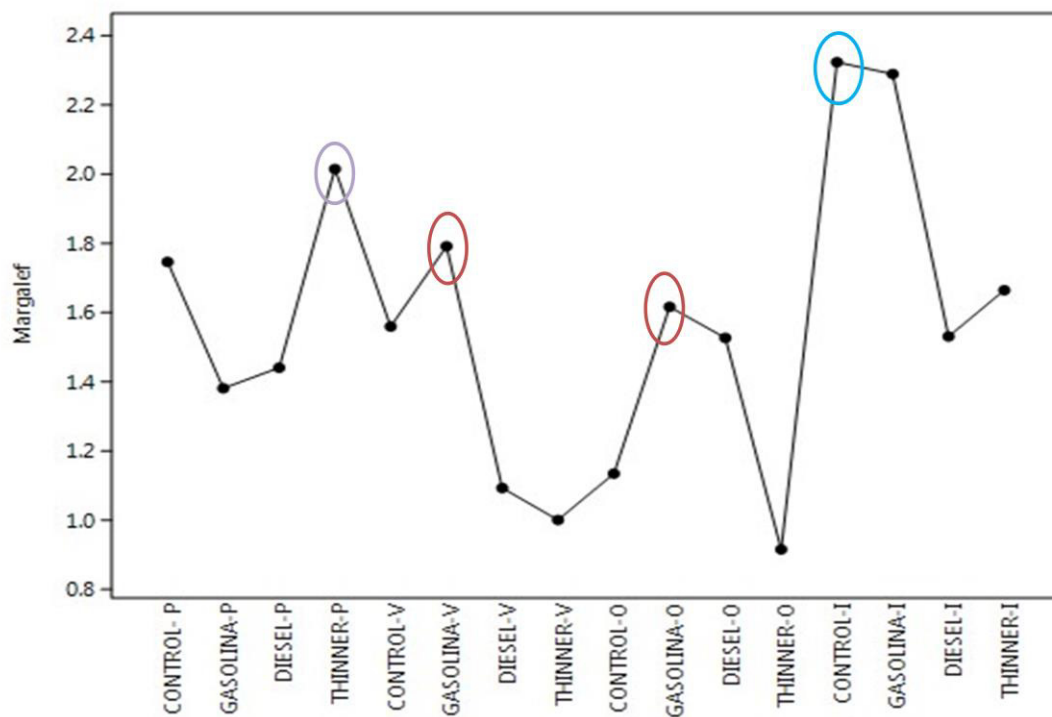


Figura 13. Índices de riqueza obtenidos en necrotrampas rociadas durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015

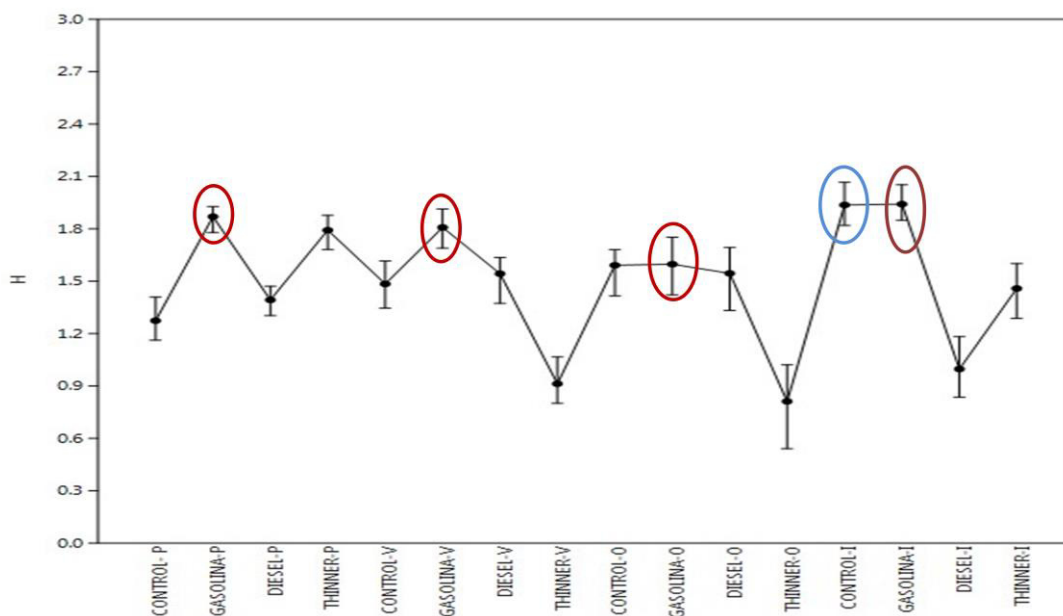


Figura 14. Índices de Shannon obtenidos en necrotrampas rociadas durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015

Tabla 6. Comparación de Índices de Shannon respecto al control en necrotrampas rociadas

H				
Control				
p ≤ 0.05	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Gasolina	9.10E-14	0.001	0.959	0.958
Diesel	0.134	0.566	0.697	2.07E-14
Thinner	1.43E-09	1.46E-07	2.56E-07	1.20E-05

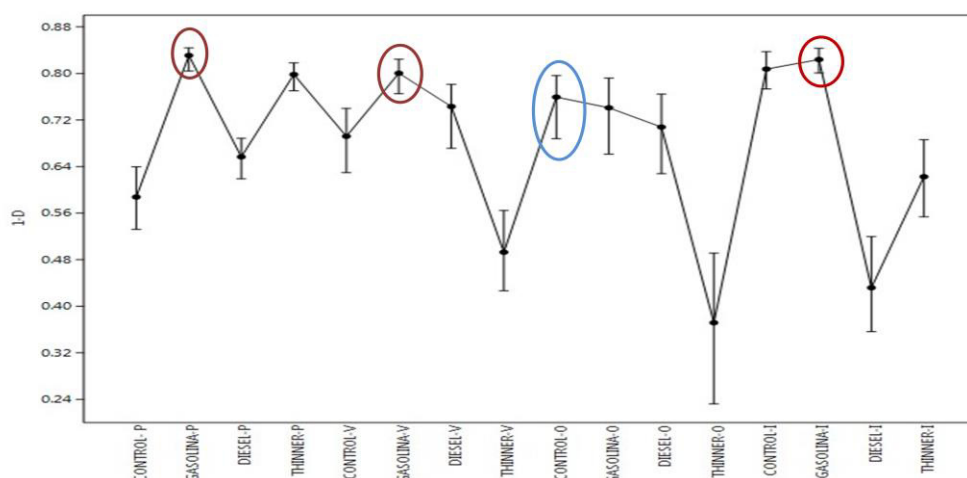


Figura 15. Índices de Simpson obtenidos en necrotrampas rociadas durante las estaciones del año, abril 2014 a febrero 2015

Tabla7. Comparación de Índices de Simpson respecto al Control en necrotrampas rociadas

1-D				
Control				
p ≤ 0.05	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Gasolina	1.47E-15	0.001	0.682	0.432
Diesel	0.036	0.200	0.265	4.00E-14
Thinner	9.71E-12	2.45E-05	6.54E-07	1.86E-06

En la tabla 11 se muestra la diversidad de especies registrada en necrotrampas quemadas durante todas las estaciones del año donde se observa que los ordenes diptera (Calliphoridae, Sarcophagidae, Phiophilidae, Fannidae y Muscidae); hymenoptera (Formicidae) y coleoptera (Dermestidae, Cleridae, Nitidulidae) fueron los que presentaron mayores registros de diversidad durante las estaciones del año obteniéndose un total de 2892 especies en necrotrampas que fueron rociadas.

En la figura 16 se muestra la riqueza de especies (D_{mg}) en necrotrampas quemadas con los diferentes líquidos de ignición observándose que gasolina presentó los valores mayores de riqueza durante las estaciones de primavera, verano y otoño. En invierno se obtuvo el mayor registro de riqueza de especies en control. Diesel presentó valores de riqueza menores durante todas las estaciones del año.

En la figura 17 se muestran los índices de diversidad de Shannon (H) en necrotrampas quemadas con los diferentes líquidos de ignición observándose que gasolina presenta mayor diversidad de especies durante todas las estaciones del año mostrando diferencias significativas al ser comparadas (Tabla 9). Diesel presentó menor diversidad de especies durante todas las estaciones del año.

En la figura 18 se muestran los índices de Simpson (1-D) en necrotrampas quemadas con los diferentes líquidos de ignición observándose que gasolina presentó mayor dominancia de especies durante todas las estaciones del año que al ser comparadas mostraron diferencia significativa (Tabla 10). Diesel presentó menor dominancia de especies durante todas las estaciones del año mostrando diferencias significativas al ser comparadas.

Tabla 11. Diversidad de especies de insectos registrada en necrotrampas quemadas durante las estaciones del año, abril 2015 a enero 2016

FAMILIA	GENERO	PRIMAVERA				VERANO				OTOÑO				INVIERNO				TOTAL
		C	G	D	T	C	G	D	T	C	G	D	T	C	G	D	T	
Miriapodos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	5	12	4	5	0	0	0	0	26
Staphylinidae	<i>Angioneura sp</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	<i>Deleaster sp</i>	13	6	0	0	0	0	0	0	58	78	2	12	0	0	0	0	169
Histeridae	<i>Saprinus pensylvanicus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Euspilotus assimilis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4
Scarabaeidae	<i>Canthon sp</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
	<i>Ataenius spretulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Cantharidae	<i>Tryptherus latipennis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dermestidae	<i>Dermestes caninus</i>	56	45	64	14	138	37	18	27	564	257	59	52	213	133	161	21	1859
Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i>	4	14	5	4	12	3	11	103	29	35	30	26	34	21	16	5	352
Nitidulidae	<i>Nitidula sp</i>	14	1	0	2	1	2	5	4	18	43	4	11	74	30	15	27	251
Trogidae	<i>Trox monachus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formicidae	<i>Camponotus rasilis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Labidus coecus</i>	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	152	108	60	73	402
	<i>Solenopsis invicta</i>	17	38	8	6	8	1	14	17	10	87	48	8	13	28	4	17	324
	<i>Pogonomyrmex barbatus</i>	0	0	0	0	0	6	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	13
Sarcophagidae	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Sarcophaga haemorrhoidalis</i>	1	34	0	2	11	2	0	1	0	0	0	0	0	4	8	0	63
Piophilidae	<i>Piophila casei</i>	185	375	188	99	381	64	14	78	1	1	0	1	166	296	363	90	2302
Calliphoridae	<i>Cochliomyia macellaria</i>	367	125	0	186	8	23	0	6	1	0	0	0	7	51	0	1	775
	<i>Lucilia cuprina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	10	35
	<i>Lucilia sericata</i>	0	2	0	1	0	2	0	17	0	0	0	0	60	19	8	26	135
	<i>Phormia regina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Chrysomya albiceps</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chrysomya rufifacies</i>	0	0	0	4	0	2	246	2	0	18	146	246	0	5	0	0	669
Sciomyzidae	-	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Scutelleridae	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL		659	646	266	318	569	143	312	258	686	532	293	361	748	695	636	270	7392

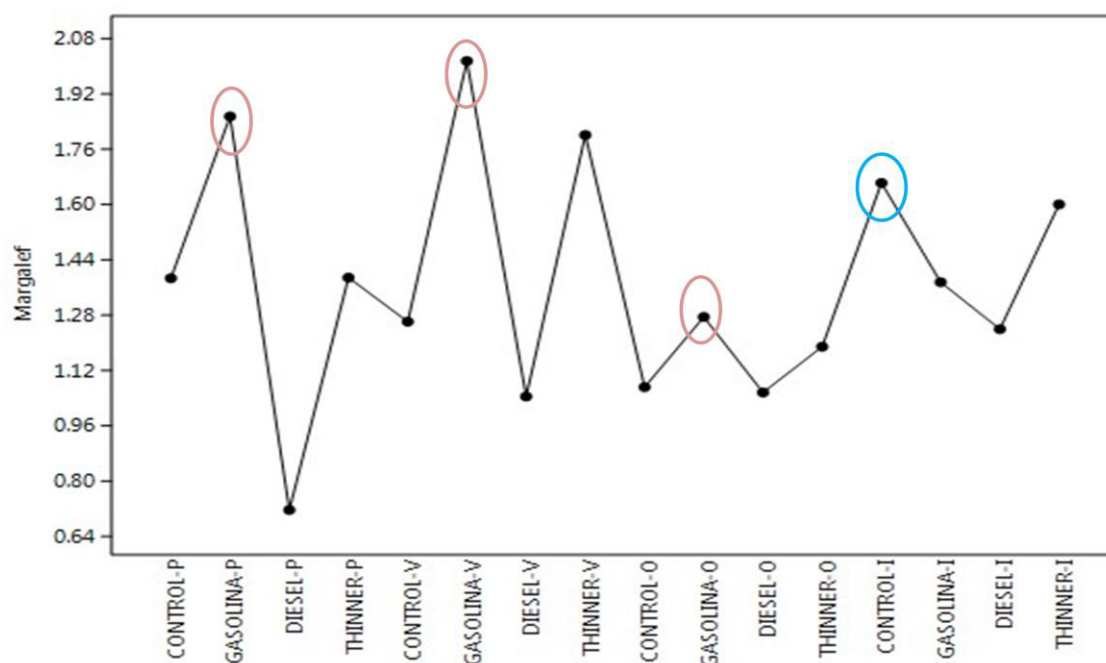


Figura 16. Índices de riqueza obtenidos en necrotrampas quemadas durante las estaciones del año, abril 2015 a enero 2016

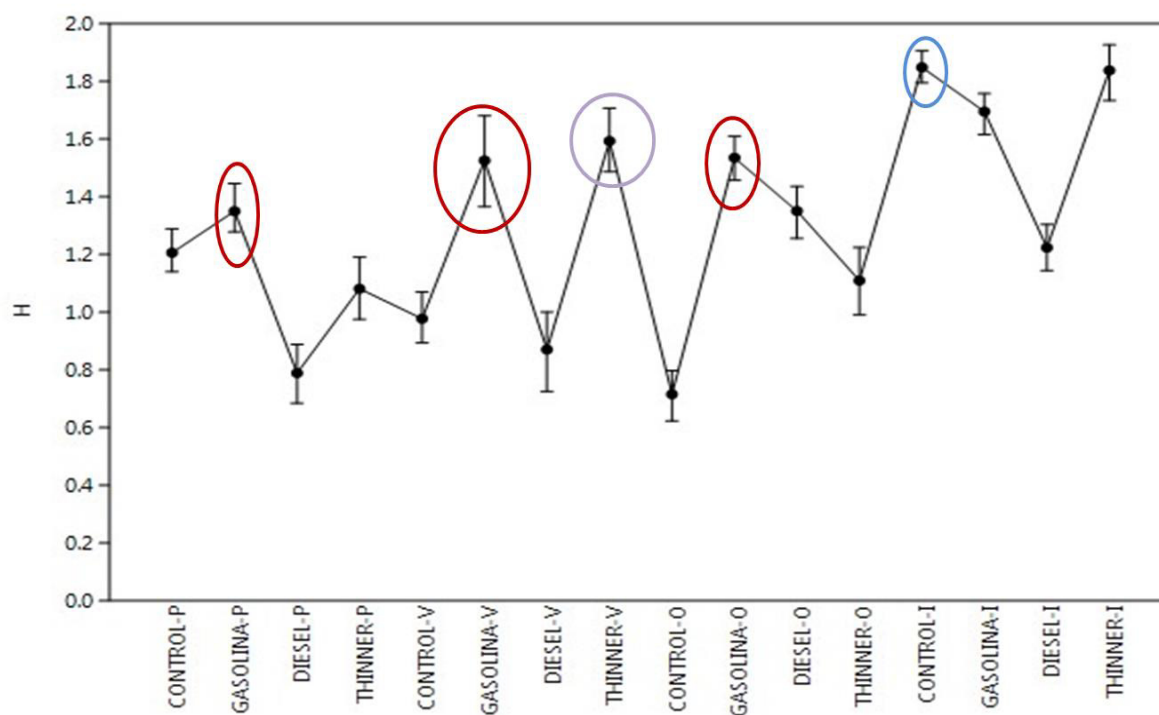


Figura 17. Índices de Shannon obtenidos en necrotrampas quemadas durante las estaciones del año, abril 2015 a enero 2016

Tabla 9. Comparación de Índices de Shannon respecto al Control en necrotrampas quemadas

H				
Control				
p≤ 0.05	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
Gasolina	0.017	8.58E-08	9.00E-40	0.001
Diesel	5.00E-10	0.20211	7.79E-21	1.46E-33
Thinner	0.076	4.19E-15	2.55E-07	0.85695

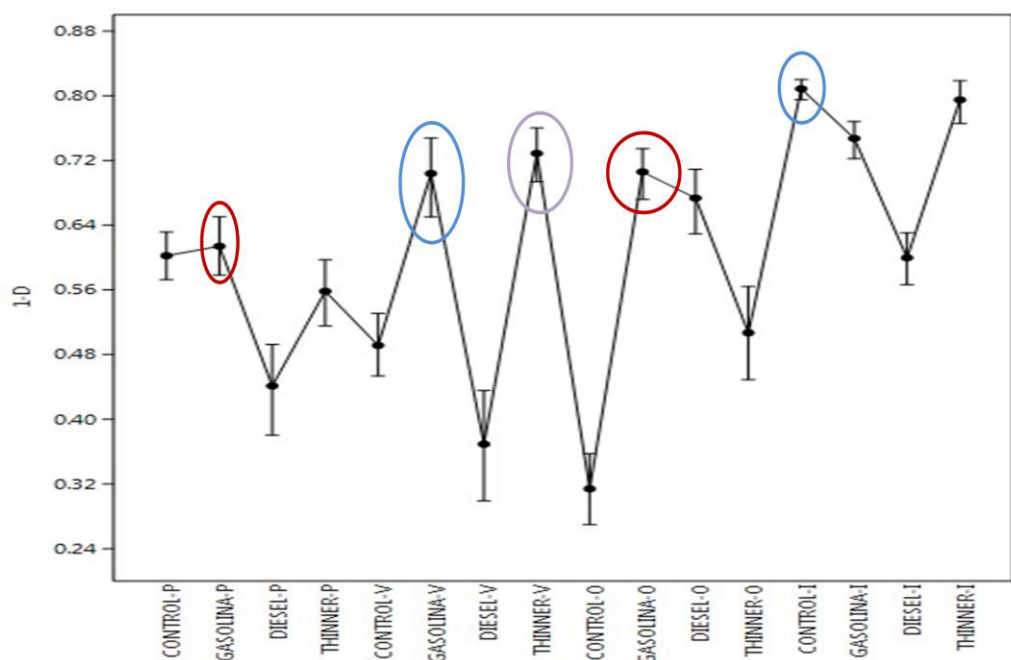


Figura 18. Índices de Shannon obtenidos en necrotrampas quemadas durante las estaciones del año, abril 2015 a enero 2016

Tabla 10. Comparación de Índices de Shimpon respecto al Control en necrotrampas quemadas

1-D				
Control				
p≤ 0.05	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Gasolina	0.625	2.84E-10	3.05E-42	6.36E-06
Diesel	1.07E-06	0.002	5.55E-30	4.39E-30
Thinner	0.091	2.02E-18	2.09E-07	0.36892

2.5. DISCUSIÓN

Dekeirsschieter *et al.*, (2009) mencionaron que durante la descomposición de un cuerpo pasa por las etapas de fresco, hinchado, descomposición y esqueletización (seco), cada una de ellas atraen a una variedad de artrópodos, principalmente insectos necrófagos como moscas y escarabajo esto explica los registros de diversidad de especies obtenidos en necrotrampas rociadas y quemadas. En ambas condiciones se registro la presencia de dípteros de las familias Calliphoridae (*Co. macellaria*, *Ch. rufifacies*, *L. sericata*), Sarcophagidae (*S. haemorrhoidalis*), Piophilidae (*P. casei*), Muscidae (*Sy. nudiseta*, *M. domestica*) y Fannidae (*F. canicularis*, *F. scalaris*) y coleópteros pertenecientes a las familias Dermestidae (*D. caninus*), Cleridae (*N. rufipes*) y Nitidulidae (*Nitidula sp.*).

Heo *et al.*, (2008) desarrollaron experimentos en carcasas de cerdo que fueron quemadas y no quemadas, encontrando en carcasas no quemadas adultos y huevos a diferencia a lo encontrado por Avila y Goff, (1998) inmediatamente observaron ovoposición de huevos en carcasas quemadas y no quemadas. En el presente trabajo se obtuvieron evidencias fotográficas de califoridos oviponiendo en necrotrampas control durante las estaciones de verano e invierno.

Avila y Goff, (1998) mencionaron que en la etapa de descomposición hinchada en carcasas quemadas existe la producción de fluidos exudados debido a la exposición prematura de las vísceras lo cual atrae a moscas a ovipositar razón por la cual se registra mayor diversidad y abundancia de especies en necrotrampas quemadas que en rociadas.

Byrd y Castner, (2001) establecen que los efectos de quemado dependen del nivel de incineración razón por la cual se obtuvieron diferentes valores de riqueza, diversidad y dominancia de especies en necrotrampas rociadas y quemadas. En cuanto a índices de riqueza (D_{mg}) tanto en necrotrampas rociadas y quemadas. Diesel presento menor riqueza de especies esto debido a las propiedades químicas del diesel y a su capacidad de ignición caso contrario para thinner y gasolina.

CAPÍTULO 3: Evaluar el efecto de los líquidos de ignición en el desarrollo larval *Ch. rufifacies* (Diptera: Calliphoridae)

3.1. RESUMEN

Se conoció el efecto de los líquidos de ignición gasolina, diesel y thinner en el crecimentolarval de *Ch. rufifacies* mediante la obtención de líneas de crecimiento en control y tratamientos mediante la adición de huevos *Ch. rufifacies* los cuales fueron monitoreados hasta la eclosión de larvas, momento que se definió como tiempo 0, posteriormente cada seis horas fueron extraídos grupos de 10 larvas hasta alcanzar la etapa post-alimenticia. El largo máximo alcanzado fue de 12.220 mm en un tiempo de 138 h en control, seguido en orden descendente por diesel el cual fue de 11.130 mm en un tiempo de 90 h, thinner el cual fue de 10.930 mm en un tiempo de 96 h y gasolina el cual fue de 9.920 mm en un tiempo de 132 h. Las líneas de crecimiento larval generadas en los diferentes tratamientos presentan una alta correlación con el control al relacionar el total de cada uno de los valores promedio de longitud.

El estadio larval fue determinado por observación directa del número de hendiduras, posteriormente se obtuvieron las medidas de largo y ancho encontrando la aparición de larvas en segundo estadio en los tratamientos y control a las 12 h de monitoreo; la aparición de larvas de tercer estadio en el tratamiento de gasolina y control fue a las 66 h de monitoreo, sin embargo la aparición del tercer estadio se retrasó 18 h en el tratamiento gasolina (84 h) y se adelantó 6 h en el tratamiento diesel (60 h).

Los líquidos de ignición afectaron el crecimiento larval de *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae); aumentando el tamaño larval en Diesel y Thinner y disminuyendo su tamaño larval en Gasolina.

3.2. INTRODUCCIÓN

Moscas del género *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) tienen una gran importancia médico-sanitaria por ser portadores de organismos enteropatógenos como virus, bacterias, protozoos y helmintos (Furlanetto *et al.*, 1984) además de causar miasis en animales y humanos (Zumpt, 1965 y Guimarães *et al.*, 1983). Son de fundamental importancia en estudios de entomología forense, debido a que ayudan a indicar el tiempo transcurrido desde la muerte (PMI) de cadáveres humanos (Greenberg, 1990 y Von *et al.*, 1996).

PMI, se calcula en función de la captura y determinación de la edad de los insectos encontrados en el cadáver cuando este es descubierto, por lo que se requiere conocimiento de la biología y hábitos de las especies necrófagas Von, (2001) y Oliveira-Costa, (2003).

Existen factores que pueden afectar la estimación PMI, haciendo la investigación criminalística más difícil y por consiguiente conducir a errores. La dispersión larval post-alimentación, competencia, depredación, parasitismo, condiciones ambientales, y la presencia de toxinas / drogas en el cadáver pueden ser estudiados para minimizar los errores en la estimación Amendt *et al.*, (2004).

Entomotoxicología rama de la entomología forense, la cual ha presentado muchos avances en las últimas décadas enfocándose en la aplicación de análisis toxicológicos en insectos que se alimentan de carroña para identificar drogas y toxinas presentes en tejidos Introna *et al.*, (2001) basándose en el principio de que los insectos pueden servir como alternativa confiable para el análisis toxicológico de cuerpos en avanzados estados de descomposición, donde otras fuentes para análisis como sangre, orina u órganos internos ya no están disponibles Sadler *et al.*, (1997), Hédouin *et al.*, (1999), Introna *et al.*, (2001), Carvalho *et al.*, (2001) y Campobasso *et al.*, (2004).

La presencia de drogas/tóxicos en los tejidos del cadáver puede afectar el desarrollo de larvas que se reproducen en el (Goff *et al.*, 1989, 1991, 1993, Introna *et al.*, 1990, Nolte *et al.*, (1992) y Gagliano-Candela *et al.*, (2001) por tanto hacerse una sub-estimación de PMI. Para una correcta determinación de PMI es de gran importancia el desarrollo y análisis toxicológico de larvas Oliveira *et al.*, (2009).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los líquidos de ignición en el desarrollo larval *Ch. rufifacies*, debido a que es una de las principales especies de dípteros carroñeros que colonizan los cuerpos en estado de descomposición en el estado de Nuevo León Solís-Esquivel, (2014) y aun no se conocen los efectos de los líquidos de ignición (gasolina, diesel y thinner) en el crecimiento larval y la repercusión en la determinación de PMI.

3.3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.3.1 Obtención y mantenimiento de la colonia *Ch. rufifacies*

Para la obtención del material biológico *Ch. rufifacies* fue mediante la colocación de trampas de botellas (Anexo I)(Figura 19) en los márgenes del río San Martín el cual se ubica en los límites de los municipios de Escobedo y Monterrey pertenecientes a la área metropolitana del estado de Nuevo León.



Figura 19. Trampas de botellas colgadas bajo la sombra de los árboles en los márgenes del río San Martín

El material colectado de las trampas fue usado como pie de cría. Los adultos de *Ch. rufifacies* se mantuvieron en jaulas de policarbonato de 40 x 40 x 40 cm a 24°C, humedad relativa de 55 a 75% y fotoperiodo de 12/12 h; la dieta proporcionada fue consistente en sacarosa en grano y sacarosa disuelta al 10 % p/v en agua potable; además les fue proporcionado hígado fresco de res como alimento y sustrato de ovoposición.

De la colonia se obtuvieron masa de huevos los cuales se obtuvieron al suministrar hígado de res fresco a la dieta en los siete días posterior a la emergencia de los adultos, del octavo al catorceavo día no se les fue suministrado hígado hasta el quinceavo día con la finalidad de contar con la mayor cantidad de huevos por masa al sincronizar la mayor cantidad de hembras en su ovoposición.

3.3.2. Preparación de los tratamientos y control

El hígado de res fue licuado en una licuadora hasta una masa uniforme de esta masa se pesó 500 g en una balanza granataria TOR REY, para cada de tratamiento y control (Figura 20).

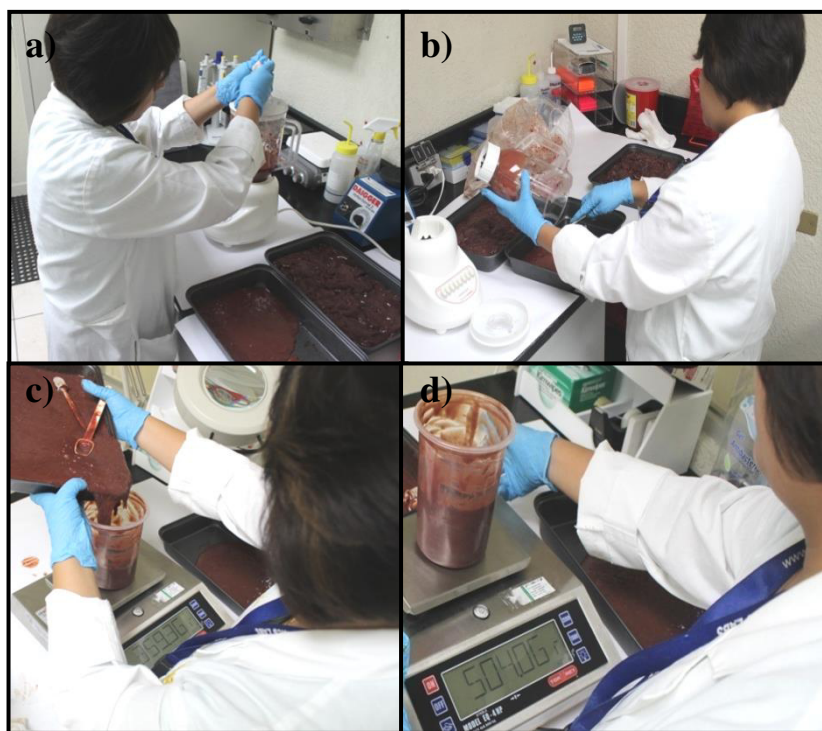


Figura 20. a) Hígado de res licuándose, b) Hígado de res licuado y transferido a charolas de aluminio c) Hígado de res transferido a bote plástico para ser pesado y d) Hígado de res pesado

Una vez que el hígado se licuo y pesó, estos fueron vertidos en charolas de aluminio de 42 x 29 cm para llevar la quema de cada uno de ellos con el respectivo líquido de ignición. Los hígados que correspondían a los tratamientos gasolina y thinner se les adicionaron 10 mL de cada líquido respectivamente para la quema. En el tratamiento diesel al hígado se le adicionó 10 mL de diesel más 5 mL de gasolina esto con la finalidad de la quema del hígado (Figura 21). El control consistió en hígado de res sin quemar.

Los tratamientos fueron quemados hasta el momento que el fuego en cada uno se extinguió

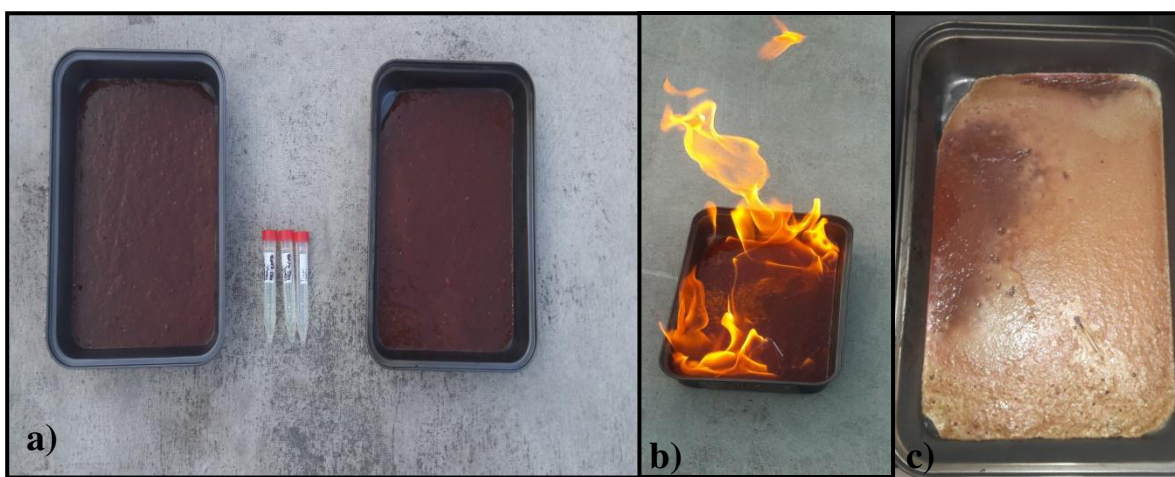


Figura 21. a) Hígado de res en charolas de aluminio listos para la quema con el respectivo líquido de ignición, b) Hígado de res quemándose y c) Hígado de res quemado con el líquido de ignición.

Posteriormente se dejaron enfriar y se colocaron en bandejas de plástico de 16 x 28 x 8 cm, adicionándoseles 1g de huevos de *Ch. rufifacies* (Figura 22), los huevecillos se tomaron de la misma masa de ovoposición, es decir al mismo tiempo pero de diversas hembras, el peso se determinó en balanza analítica Explorer[®] Pro, OAHUS[®].

Las bandejas de plástico se introdujeron en el interior de una incubadora microbiológica, marca ThermoScientific, a una temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$ y humedad relativa de $50.0 \pm 7.75\%$ (Figura 23).



Figura 22. Bandejas plásticas correspondientes a tratamientos y control con huevos de *Ch. rufifacies*

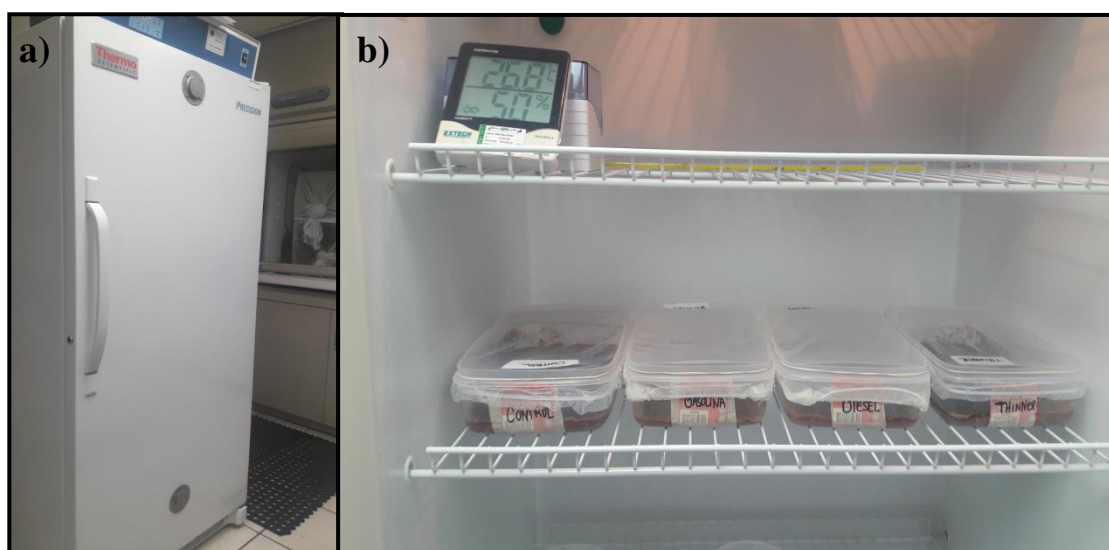


Figura 23. a) Incubadora microbiológica marca Thermo Scientific y b) Bandejas plásticas pertenecientes a tratamientos y control en el interior de incubadora microbiológica

3.3.3. Efecto de líquidos de ignición en el desarrollo de *Ch. rufifacies* mediante líneas de crecimiento

Para conocer el efecto de los líquidos de ignición gasolina, diesel y thinner en el desarrollo larval de *Ch. rufifacies* fue mediante la obtención de líneas de crecimiento en control y tratamientos (gasolina, diesel y thinner).

Se adicionó 1g de huevos *Ch. rufifacies* en cada tratamiento y control obtenidos de la colonia previamente establecida en laboratorio; los cuales fueron monitoreados hasta su eclosión, momento que se definió como tiempo 0, posteriormente cada seis horas fueron extraídos grupos de 10 larvas hasta la etapa post-alimenticia las cuales fueron sacrificadas por inmersión en agua caliente y preservadas en alcohol etílico al 70% Amendt *et al.*, (2007), para la obtención de la longitud y ancho de cada una de las larvas con un micrómetro vernier marca scala ®, de 0.1 mm de gradación (Figura 24) y su respectivo tiempo de monitoreo o edad larval. El estadio de cada una de las larvas se determinó en base al número de hendiduras traqueales presentes en los espiráculos posteriores (Figura 25). La temperatura y humedad fueron registradas con un termo hidrómetro digital ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$).



Figura 24. Larva de *Ch. rufifacies* medida con vernier marca scala ®



Figura 25. Hendiduras traqueales de *Ch. rufifacies* presentes en espiráculos posteriores vistas al microscopio luz visible 10X

Los registros de longitud y ancho de las larvas fueron analizados mediante la regresión lineal y coeficiente de determinación para conocer la asociación entre la longitud y ancho corporal con el tiempo posteclosión; así como su significancia. Para determinar las diferencias de longitud entre los tiempos de muestreo los datos fueron analizados mediante la prueba t-student con el software Microsoft Excell 2007, con significancia de 95%.

3.4. RESULTADOS

En la tabla 12 se muestran las medias y desviaciones estándar de las mediciones largo y ancho larval de *Ch. rufifacies* desde su eclosión hasta la etapa post-alimenticia.

El largo máximo alcanzado fue de 12.220 mm en un tiempo de 138 h en control, seguido en orden descendente por diesel el cual fue de 11.130 mm en un tiempo de 90 h, thinner el cual fue de 10.930 mm en un tiempo de 96 h y gasolina el cual fue de 9.920 mm en un tiempo de 132 h. En lo que respecta a los anchos máximos alcanzados en thinner se alcanzó el ancho máximo con 2.940 mm en un tiempo de 150 h, seguido por control con 2.780 mm en un tiempo de 120 h, diesel con 2.740 mm en un tiempo de 150 h y gasolina con 2.660 mm en un tiempo de 132 h.

Los promedios de las medidas de largo y ancho de cada grupo de 10 larvas fueron graficados en función del tiempo, iniciando desde la eclosión de las larvas hasta seis horas posterior a su longitud máxima (Figura 26 y 27); la forma de la gráfica se ajustó a un modelo lineal (Figura 28).

En la tabla 13 se muestran las ecuaciones de la recta y coeficientes de determinación obtenidos para los tratamientos y control. Las líneas de crecimiento larval generadas en los diferentes tratamientos presentan una alta correlación con el control al relacionar el total cada uno de los valores promedio de longitud.

En la tabla 14 se muestra la comparación de pendientes de los tratamientos respecto al control con su respectiva significancia. Los resultados de la prueba t de student muestran que respecto a la pendiente de la curva de crecimiento del control: la pendiente es significativamente diferente y superior fue en tratamiento de Diesel; diferente e inferior en el tratamiento de gasolina; no significativamente diferente en el tratamiento de Thinner.

El estadio larval fue determinado por observación directa del número de hendiduras, posteriormente se obtuvieron las medidas de largo y ancho (Figura 29) encontrando la aparición de larvas en segundo estadio en los tratamientos y control a las 12 h de monitoreo; la aparición de larvas de tercer estadio en el tratamiento de gasolina y control fue a las 66 h de monitoreo, sin embargo la aparición del tercer estadio se retrasó 18 h en el tratamiento gasolina (84 h) y se adelantó 6 h en el tratamiento diesel (60 h).

Ademas de la morfometría se tomaron fotografías en el tiempo de longitud máxima larval en el control y los tres tratamientos Figuras 30 a 33, a las: 90 h las larvas del tratamiento de diesel son relativamente mas oscuras que el resto; 96 h las larvas de los tratamientos thinner y diesel son relativamente mas oscuras que el resto; 132 y 138 h con relación a los monitores de 90 y 96 h las larvas del tratamiento de gasolina y el control son mas oscura respecto a estos mismos tratamientos, en cuanto a las larvas de los tratamientos de diesel y thinner estas larvas son mas oscuras en comparación a las larvas del tratamiento de gasolina y el control.

Tabla 12. Medias (\pm DE) de las mediciones largo y ancho de larvas *Ch. rufifacies* (n=10) desde el tiempo de eclosión (t=0) hasta la etapa post-alimenticia.

	Control		Gasolina		Diesel		Thinner	
Hora (h)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
0	1.520 ± 0.426	0.440 ± 0.126	1.470 ± 0.231	0.210 ± 0.031	1.540 ± 0.207	0.280 ± 0.079	1.560 ± 0.165	0.240 ± 0.097
6	1.690 ± 0.144	0.510 ± 0.129	1.790 ± 0.137	0.210 ± 0.057	1.900 ± 0.313	0.350 ± 0.085	1.440 ± 0.143	0.210 ± 0.057
12	2.380 ± 0.253	0.540 ± 0.126	2.120 ± 0.092	0.330 ± 0.067	2.250 ± 0.380	0.310 ± 0.057	1.870 ± 0.240	0.200 ± 0.047
18	2.450 ± 0.232	0.500 ± 0.067	2.450 ± 0.118	0.390 ± 0.074	2.270 ± 0.116	0.360 ± 0.052	2.120 ± 0.103	0.350 ± 0.108
24	2.540 ± 0.158	0.370 ± 0.067	2.780 ± 0.140	0.420 ± 0.079	2.760 ± 0.237	0.440 ± 0.108	2.480 ± 0.282	0.390 ± 0.099
30	3.670 ± 0.149	0.650 ± 0.085	2.970 ± 0.157	0.570 ± 0.142	3.760 ± 0.263	0.570 ± 0.163	2.980 ± 0.253	0.470 ± 0.095
36	3.100 ± 0.660	0.760 ± 0.097	3.050 ± 0.481	0.650 ± 0.172	3.180 ± 0.346	0.760 ± 0.084	2.630 ± 0.455	0.590 ± 0.110
42	4.230 ± 0.392	0.860 ± 0.070	3.770 ± 0.414	0.660 ± 0.097	4.670 ± 0.371	0.970 ± 0.142	3.960 ± 0.295	0.740 ± 0.097
48	5.040 ± 0.400	1.090 ± 0.129	4.250 ± 0.288	0.860 ± 0.126	5.410 ± 0.384	1.060 ± 0.190	4.270 ± 0.395	0.789 ± 0.122
54	5.640 ± 0.534	1.120 ± 0.123	5.010 ± 0.472	0.970 ± 0.216	6.770 ± 0.432	1.310 ± 0.137	5.150 ± 0.566	1.000 ± 0.047
60	5.360 ± 0.347	1.150 ± 0.196	5.150 ± 0.217	0.930 ± 0.125	5.560 ± 0.837	1.020 ± 0.249	5.210 ± 0.993	1.050 ± 0.097
66	5.810 ± 0.606	1.470 ± 0.206	5.200 ± 0.665	1.150 ± 0.158	7.520 ± 0.715	1.590 ± 0.160	6.260 ± 0.263	1.340 ± 0.143
72	7.250 ± 0.380	1.760 ± 0.250	5.480 ± 0.410	1.230 ± 0.206	8.890 ± 0.522	2.010 ± 0.242	7.110 ± 1.436	1.640 ± 1.578
78	6.920 ± 0.915	1.920 ± 0.230	5.210 ± 0.619	1.360 ± 0.227	8.750 ± 1.182	2.040 ± 0.259	7.210 ± 1.094	1.860 ± 0.151
84	7.170 ± 0.702	1.960 ± 0.097	6.660 ± 0.756	1.730 ± 0.116	9.780 ± 1.127	2.440 ± 0.288	8.590 ± 0.698	2.030 ± 0.200
90	7.410 ± 1.523	2.150 ± 0.327	6.450 ± 0.964	1.560 ± 0.259	11.130 ± 0.678	2.450 ± 0.184	8.080 ± 1.226	1.910 ± 0.415
96	8.960 ± 0.490	2.390 ± 0.152	8.680 ± 0.707	1.820 ± 0.215	10.640 ± 0.981	2.520 ± 0.235	10.930 ± 0.741	2.400 ± 0.249
102	8.640 ± 0.369	2.320 ± 0.257	8.500 ± 0.782	1.990 ± 0.223	11.010 ± 0.837	2.630 ± 0.374	9.750 ± 0.735	2.470 ± 0.183
108	8.880 ± 1.658	2.490 ± 0.489	8.700 ± 0.827	2.010 ± 0.137	10.060 ± 0.862	2.380 ± 0.257	10.780 ± 0.910	2.540 ± 0.165
114	10.450 ± 1.304	2.670 ± 0.330	8.600 ± 0.883	1.990 ± 0.269	11.000 ± 1.236	2.560 ± 0.363	10.450 ± 0.657	2.520 ± 0.220
120	11.330 ± 0.645	2.780 ± 0.162	8.610 ± 0.837	2.210 ± 0.251	10.390 ± 0.969	2.240 ± 0.386	10.160 ± 0.572	2.810 ± 0.218
126	11.010 ± 0.796	2.770 ± 0.245	9.010 ± 0.597	2.350 ± 0.232	8.650 ± 0.718	2.460 ± 0.222	8.880 ± 1.076	2.510 ± 0.292
132	12.030 ± 1.149	2.620 ± 0.162	9.920 ± 0.885	2.660 ± 0.250	10.370 ± 0.970	2.540 ± 0.207	10.720 ± 1.081	2.550 ± 0.212
138	12.220 ± 3.126	2.690 ± 0.260	8.120 ± 1.220	2.420 ± 0.346	9.480 ± 0.601	2.730 ± 0.240	9.740 ± 0.432	2.920 ± 0.249
144	12.190 ± 3.446	2.470 ± 0.327	8.740 ± 0.806	2.540 ± 0.295	9.150 ± 0.913	2.550 ± 0.350	9.690 ± 0.780	2.690 ± 0.179
150	9.233 ± 0.391	2.544 ± 0.251	7.750 ± 0.850	2.490 ± 0.173	8.900 ± 0.842	2.740 ± 0.207	8.980 ± 0.598	2.940 ± 0.143

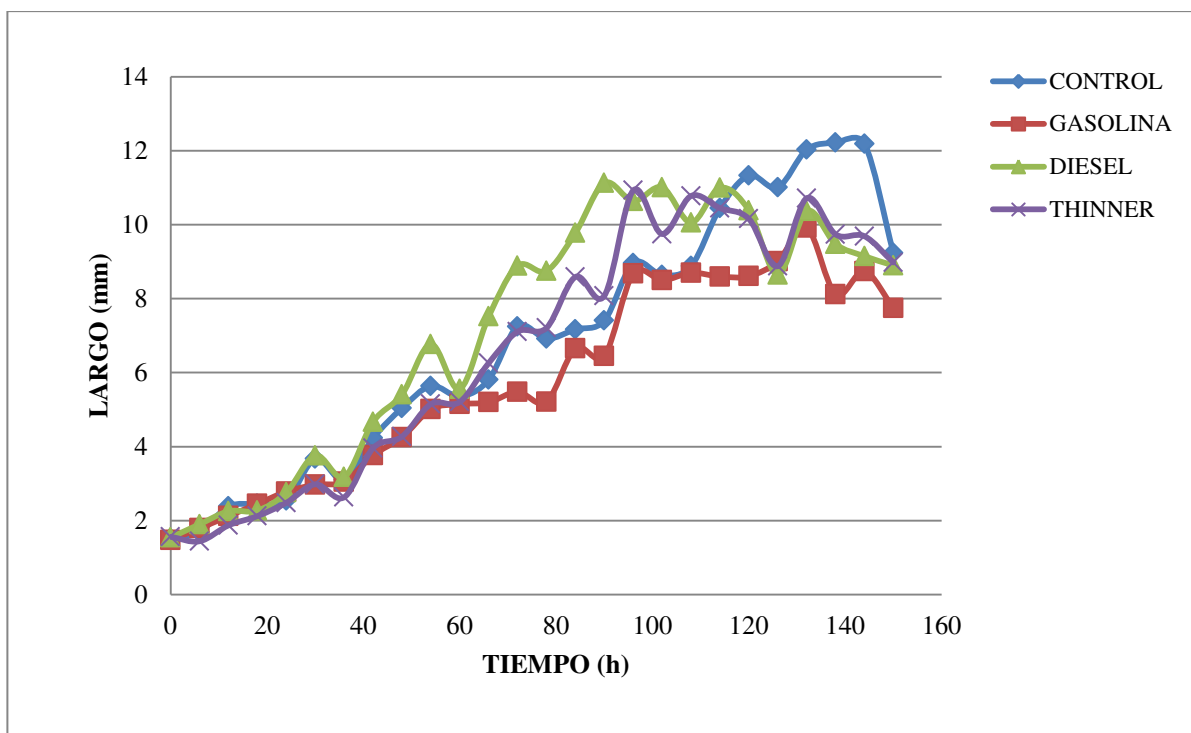


Figura 26. Grafico delalongitud larval de *Ch. rufifacies* respecto al tiempo

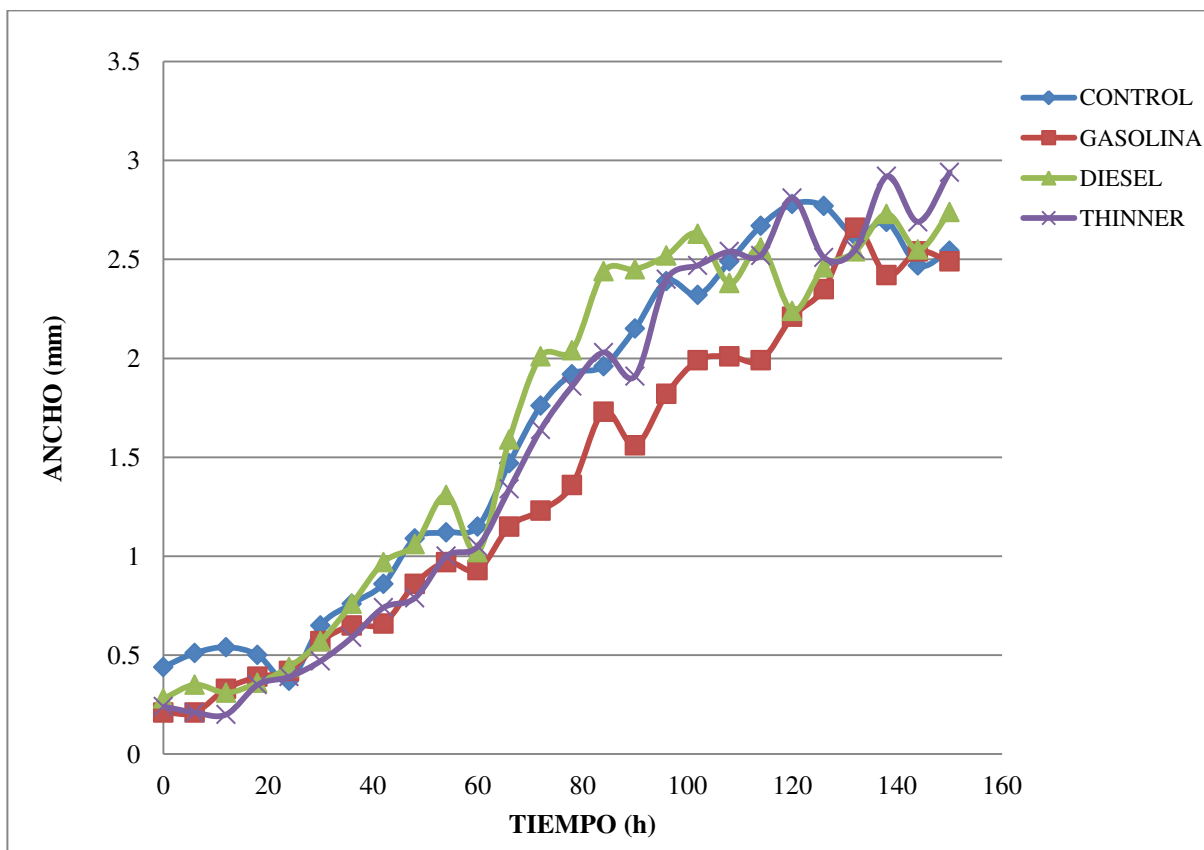


Figura 27. Grafico del ancho larval de *Ch. rufifacies* respecto al tiempo

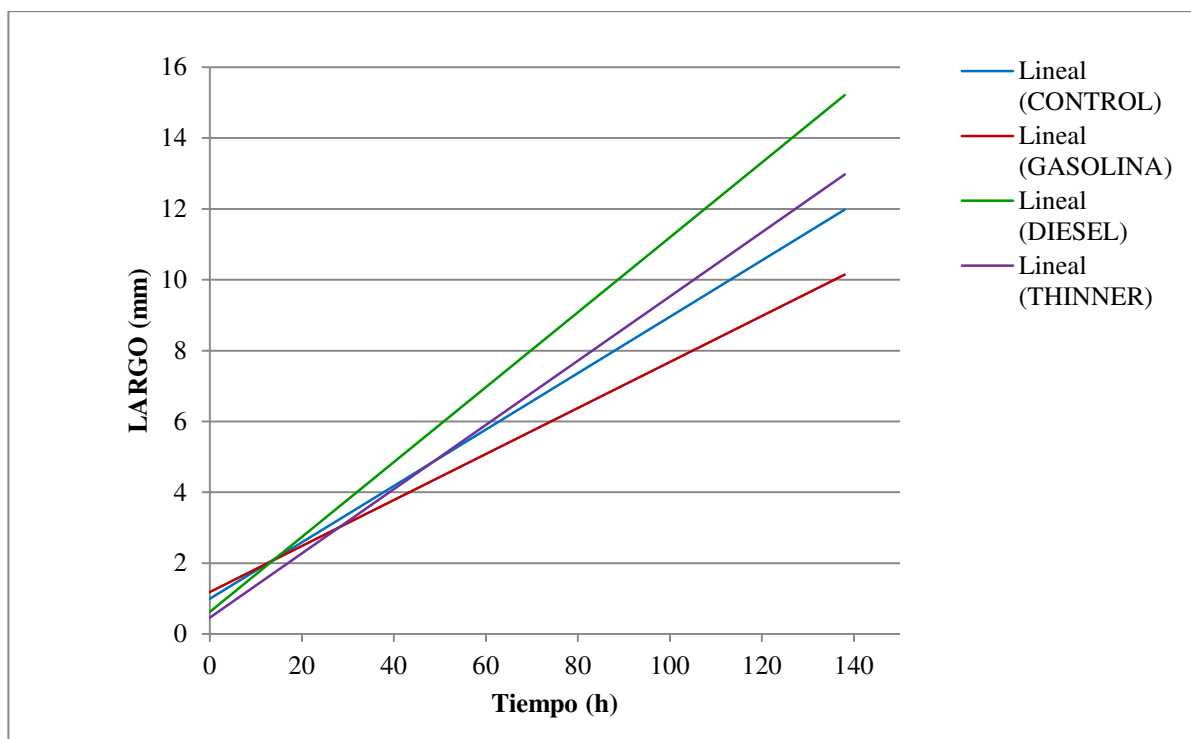


Figura 28. Grafico del largo larval de *Ch. rufifacies* respecto al tiempo construida con la línea tendencia con las medias de las mediciones de largo desde la eclosión hasta el largo máximo alcanzado

Tabla 13. Ecuación de la recta con datos obtenidos del largo larval en los tratamientos y control desde la eclosión hasta el largo máximo alcanzado.

Tratamiento	Ecuación de la recta	r^2
Control	$y = 0.079x + 0.995$	0.981
Gasolina	$y = 0.064x + 1.186$	0.969
Diesel	$y = 0.105x + 0.627$	0.950
Thinner	$y = 0.090x + 0.463$	0.941

Tabla 14. Comparación de las líneas de crecimiento larval de tratamientos con la generada por el control

Tratamiento	m	g.l.	t	p	Decisión
Control	$m = 0.090$				
Gasolina	$m = 0.078$	43	4.302	0.0005	Ha acepta
Diesel	$m = 0.116$	36	6.389	0.0005	Ha acepta
Thinner	$m = 0.098$	37	2.049	$0.025 > p > 0.01$	Ha acepta

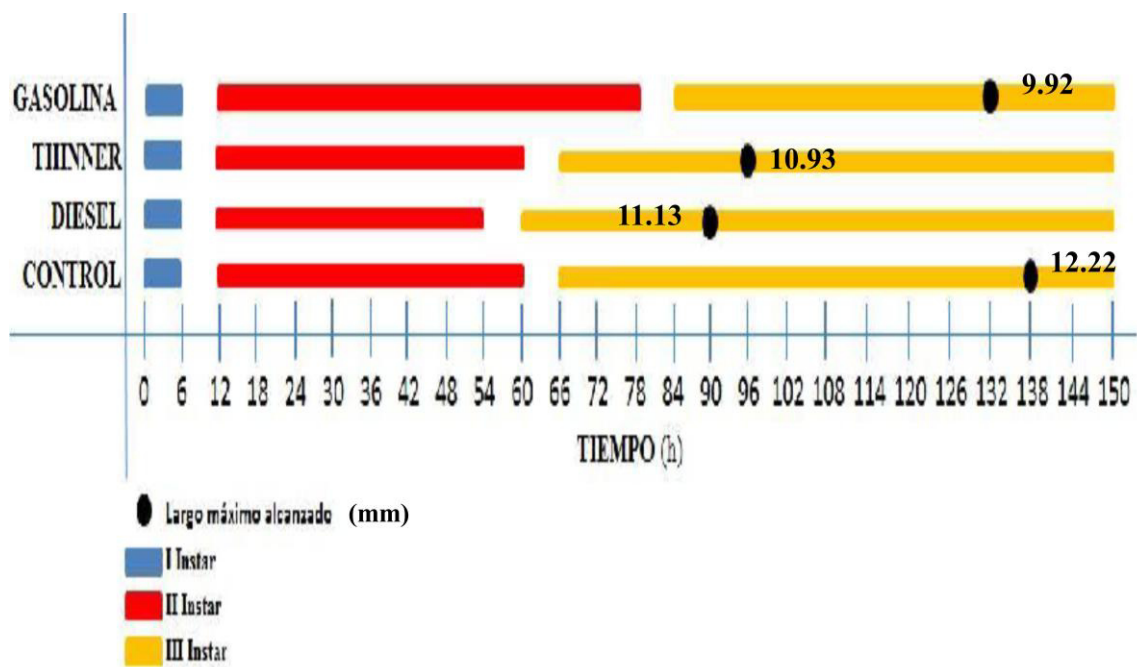


Figura 29. Permanencia de estadios larvales en control y tratamientos

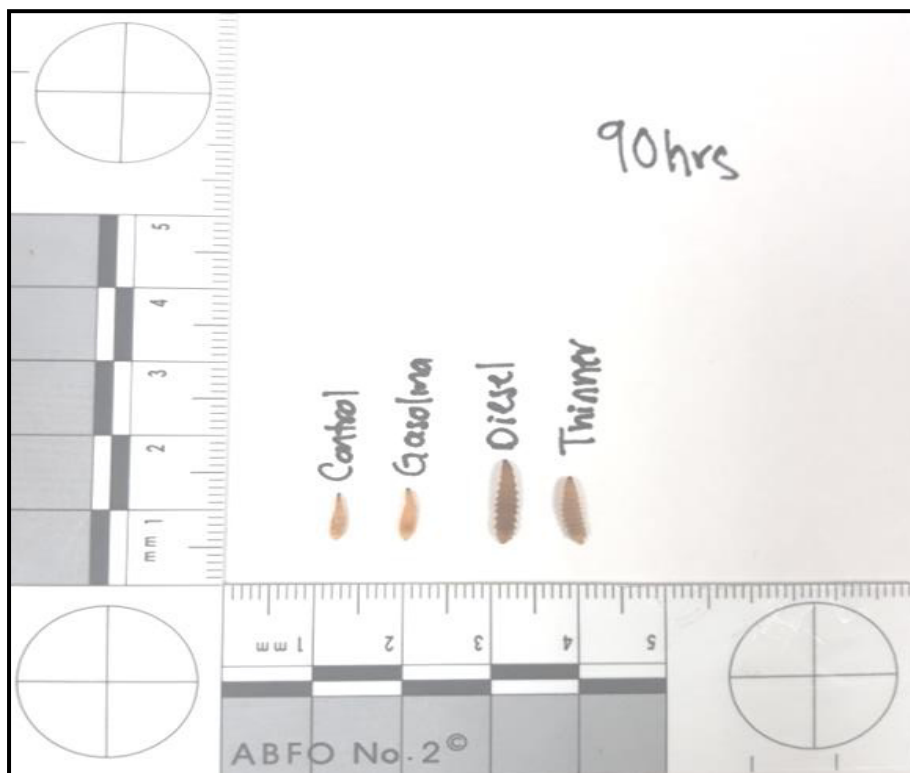


Figura 30. Impresión fotográfica de larvas a las 90 h de monitoreo

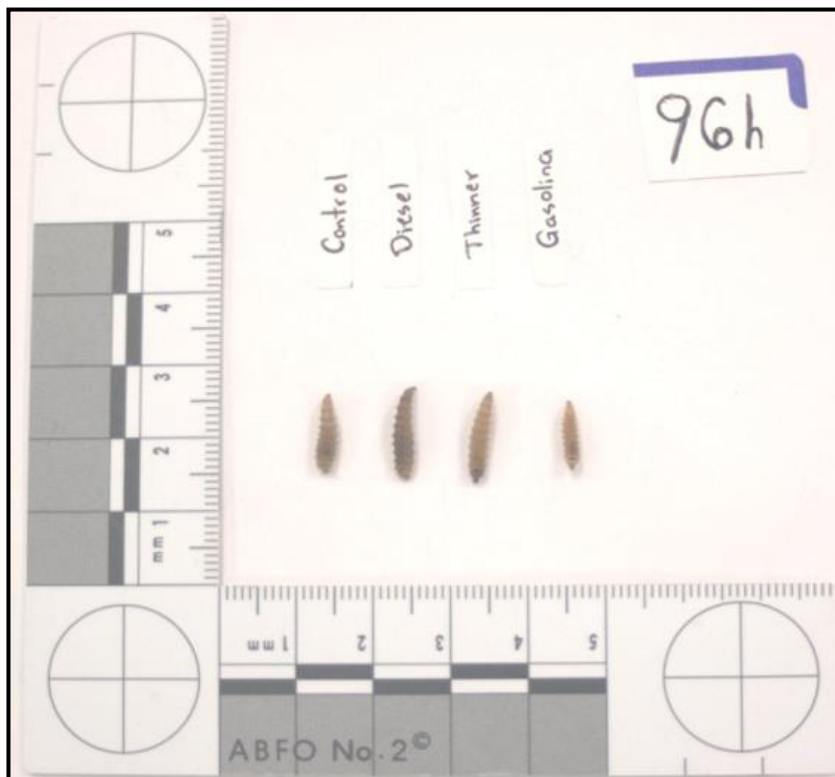


Figura 31. Impresión fotográfica de larvas a las 96 h de monitoreo

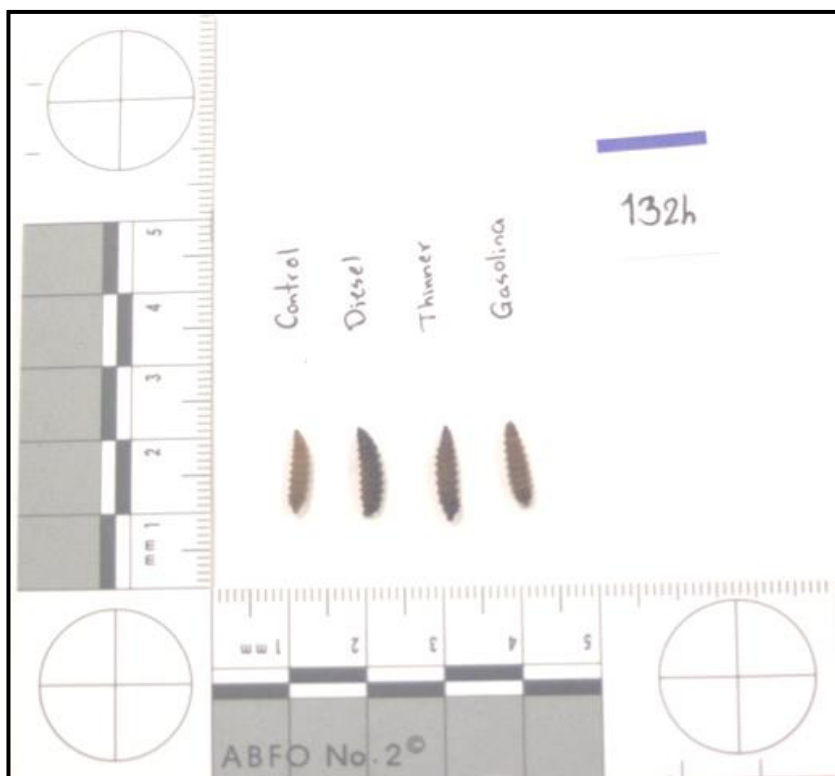


Figura 32. Impresión fotográfica de larvas a las 132 h de monitoreo



Figura 33. Impresión fotográfica de larvas a las 138 h de monitoreo

3.5. DISCUSIÓN

La mosca *Ch. rufifacies*, se eligió para la realización de la presente investigación en referencia a lo reportado por Solis- Esquivel, (2014) donde los cadáveres examinados en el año 2009 y 2010, reflejaron que las especies de mayor incidencias fueron *Ch. rufifacies*, encontrada en seis cuerpos y *C. macellaria*, en cuatro, ambas coincidieron en dos cadáveres.

El largo máximo alcanzado fue de 12.220 mm en un tiempo de 138 h en control, seguido en orden descendente por diesel el cual fue de 11.130 mm en un tiempo de 90 h, thinner el cual fue de 10.930 mm en un tiempo de 96 h y gasolina el cual fue de 9.920 mm en un tiempo de 132 h. En lo que respecta a los anchos máximos alcanzados en thinner se alcanzó el ancho máximo con 2.940 mm en un tiempo de 150 h, seguido por control con 2.780 mm en un tiempo de 120 h, diesel con 2.740 mm en un tiempo de 150 h y gasolina con 2.660 mm en un tiempo de 132 h.

Los promedios de las medidas de largo y ancho de cada grupo de 10 larvas fueron graficados en función del tiempo, iniciando desde la eclosión de las larvas hasta seis horas posterior a su longitud máxima; la forma de la gráfica se ajustó a un modelo lineal. Las líneas de crecimiento larval generadas en los diferentes tratamientos presentan una alta correlación con el control al relacionar el total de cada uno de los valores promedio de longitud.

El estadio larval fue determinado por observación directa del número de hendiduras, posteriormente se obtuvieron las medidas de largo y ancho (Figura 29) encontrandola aparición de larvas en segundo estadio en los tratamientos y control a las 12 h de monitoreo; la aparición de larvas de tercer estadio en el tratamiento de gasolina y control fue a las 66 h de monitoreo, sin embargo la aparición del tercer estadio se retraso 18 h en el tratamiento gasolina (84 h) y se adelantó 6 h en el tratamiento diesel (60 h).

Altunso y Basaran, (2011), evaluaron el efecto del talio en la tasa de crecimiento en larvas de *L. sericata*, observaron que el tiempo requerido para llegar a la máxima longitud larval fue significativamente mayor en las larvas alimentadas con sustrato contaminado con concentraciones de: 0.12, 0.25, 0.50, 1.00 y 2.00 $\mu\text{g/g}$, respecto a un control alimentado con sustrato libre del metal

Lopes de Carvalho *et al.*, (2012), evaluaron el efecto en el crecimiento de larvas de *Ch. putoria* y *Ch. albiceps*, alimentadas con hígado de conejo sacrificado con concentraciones letales de cocaína, ellos encontraron que el crecimiento larval fue acelerado en los tratamiento con cocaína respecto al control.

Mahatet *al.*, (2009), larvas de *Parasarcophaga ruficornis* (Fabricius) se criaron en tejidos de conejos, a los cuales se les administraron 37.5, 71.4 y 142.9 mg de metanfetamina a través de la infusión de la vena de la oreja. Desde 30 a 60 h, las larvas que se alimentaron de tejidos que recibían 71.4 y 142.9 mg se desarrollaron más rápidamente que las del colonia control y las que se alimentan de tejidos del conejo que recibió 37.5 mg. El tiempo requerido para la puparación fue significativamente mayor para las colonias alimentadas con tejidos de conejos dosificados con metanfetamina que para el control. Estas diferencias fueron suficientes para alterar las estimaciones de intervalo postmortem basadas en el desarrollo de larvas hasta por 18 h y las estimaciones basadas en el desarrollo puparal hasta en 48 h.

CAPÍTULO 4: Desarrollo de un método analítico para la detección de residuos de líquidos de ignición en *Ch. rufifacies* (Diptera: Calliphoridae)

4.1. RESUMEN

El fuego un recurso útil para el criminal ya que puede eliminar casi por completo un cadáver o bien destruir aquellas pruebas circunstanciales que pudieran relacionarle con el crimen. No se cuenta con una metodología analítica capaz de excluir o controlar interferencias en el análisis de líquidos de ignición en cadáveres humanos. Las muestras tomadas de un cadáver son generalmente fragmentos semiquemados de prendas. El análisis de larvas necrófagas son una opción debido a que mantienen constante su composición química y se alimentan de cadáver. Larvas de *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae) fueron alimentadas con hígados de res los cuales fueron quemados con los diferentes líquidos de ignición: gasolina, diesel, thinner para posteriormente analizar por el procedimiento directo de extracción del espacio de cabeza, los desechos de vapor acumulados en el espacio libre se eliminan directamente del espacio superior y el vapor recogido se analiza mediante cromatografía de gases (GC). La Cromatografía de Gases (GC) acoplada a Espectrometría de Masas separa los vapores del iniciador en componentes individuales por lo que se encontraron en larvas de *Ch. rufifacies* alimentadas con hígados quemados compuestos característicos de cada uno de los líquidos de ignición para gasolina: 1,2,4,5 tetrametilbenceno, 1,2,3,5 tetrametilbenceno y naftaleno; en diesel hidrocarburos de cadena pesada como: fitano y pristano y thinner compuestos aromáticos como: tolueno, xilenos y etiltolueno mediante el análisis en Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas Clarus 600 T Perkin Elmer por consiguiente se desarrollo un método analítico para la detección de residuos de líquidos de ignición en larvas de dípteros carroñeros siendo una alternativa para la detección de líquidos de ignición.

4.2. INTRODUCCIÓN

La problemática del fuego es atendida por diferentes profesionales (bomberos, investigadores, fiscales y peritos) que contemplan la prevención y extinción del mismo hasta la investigación del origen y causas del fuego. Los incendios pueden ser clasificados de acuerdo a la causa en: accidentales, negligencia y provocados.

El fuego es la manifestación visual de la combustión, la cual es la reacción química de oxidación en la que se desprende gran cantidad de energía en forma de calor y luz Stauffer *et al.*, (2003). Los combustibles son materiales (sólido, líquido y gas) capaces de liberar energía cuando se oxidan, facilitando la ignición y propagación de un incendio.

La gasolina, diesel, “thinners” y sus mezclas son combustibles comúnmente utilizados como líquidos de ignición en la propagación de un incendio premeditado debido a la eficiencia, fácil adquisición y transporte. Los combustibles pueden detectarse y analizarse en el laboratorio como apoyo para establecer la intencionalidad del incendio Pertet *et al.*, (2006).

Actualmente se ha incrementado los homicidios en donde se usa el fuego como un recurso del criminal para eliminar casi por completo un cadáver hasta que prácticamente no quede nada; muchas veces utilizado post- mortem con el fin de encubrir un homicidio, destruir pruebas, disponer de un cuerpo y evitar la identificación Kwon *et al.*, (2003).

Hoy en día las muestras usadas para la detección de combustibles implicados en incendios van desde escombros hasta aquellas tomadas de un cadáver en las cuales son fragmentos semiquemados de prendas, estas muestras generan interferencias que hacen difícil la interpretación incluso generan falsos positivos o enmascaran los compuestos de interés. Una alternativa es el análisis en muestras de larvas carroñeras que difícilmente se alimentaran de las prendas pero sí de cadáver en donde también están presentes restos de líquidos de ignición no combustos, los cuales ingresaran a su organismo por vía alimenticia y por contacto, la ventaja de este tipo de muestra es que mantienen una composición corporal químicamente estable, por lo tanto en el análisis las señales resultantes serán predecibles.

El presente trabajo tiene como finalidad el desarrollo de un método analítico para la detección de la gasolina, diesel y thinner en larvas carroñeras de *Ch. rufifacies*.

4.3. MATERIAL Y MÉTODOS

4.3.1 Obtención de larvas *Ch. rufifacies* alimentadas con tratamientos y control

La obtención de larvas de *Ch. rufifacies* alimentadas con tratamientos y control se realizó como se describe en el punto 3.3.2.

Los hígados quemados y fríos se traspasaron a un bote de plástico transparente de capacidad de 3.74 L (Figura 34). Larvas de *Ch. rufifacies* fueron alimentadas por separado, desde su eclosión hasta alcanzar el tercer estadio.

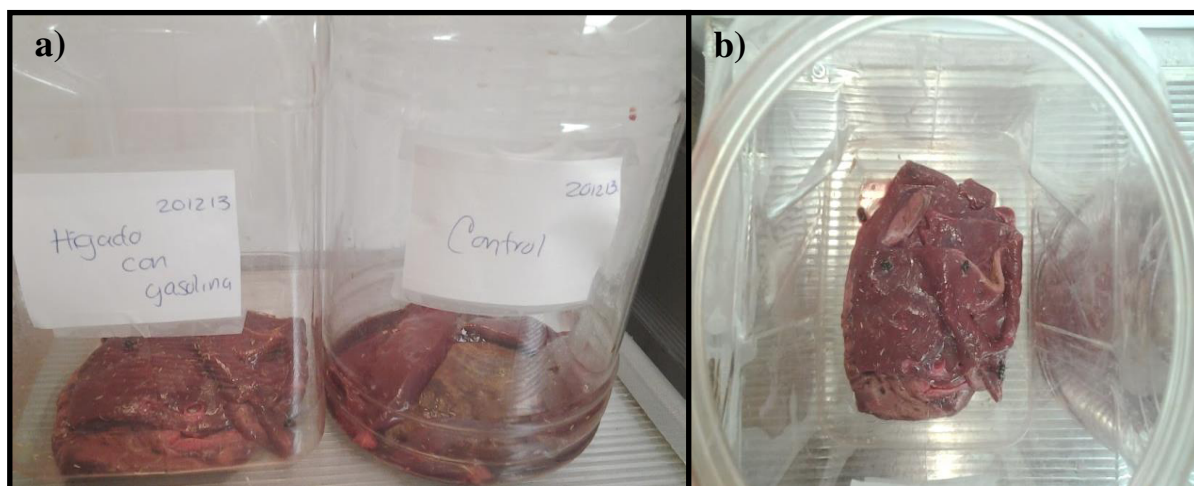


Figura 34. Traspaso de hígados quemados en botes de plástico capacidad 3.74 L y b) Hígado de res con larvas de *Ch. rufifacies*

4.3.2. Separación y extracción de residuos de líquidos de ignición en larvas de dípteros

Se maceró en un crisol de porcelana 1.0 g de larvas de tercer estadio, las cuales fueron previamente lavadas con agua de la llave y secadas con papel secante con la finalidad de eliminar todo aquel residuo de hígado que pudiera interferir en la extracción y análisis.

El macerado de larvas fue colocado en un vial de vidrio capacidad 2 mL, el cual fue previamente tratado con el propósito de eliminar compuesto volátiles (Figura 34) en el mismo vial se llevó la extracción de los líquidos de ignición por Head Space conforme

a las condiciones establecidas por el estándar de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) E1412 (Práctica estándar para la separación de residuos de líquidos de ignición en muestras de escombros de fuego por concentración pasiva espacio de cabeza con carbón activado), el cual consistió en colocar una tirilla de carbón activado, como adsorbente, sujeta con un clip dentro del vial mismo que fuera cerrado con el macerado de larvas en su interior y en conjunto colocado dentro de una estufa a 80°C por espacio de 16h; transcurrido el tiempo de espera, se extrae el vial de la estufa y se deja enfriar (Figura 34).

Para la extracción de líquidos de ignición de la tirilla de carbono se tomaron las consideraciones del método E1618 (Método estándar para residuos de líquidos de ignición en extractos de muestras de escombros de fuego por Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas) retirando la tirilla de carbón activado del vial y extrayendo por agitación en vortex por 1 minutos los líquidos de ignición con 200µL de bisulfuro de carbono CS₂ en un diferente vial de vidrio 2mL, al terminar se dejó reposar el vial por de 5 min.

La extracción realizada se pasa a un inserto de cristal el cual a su vez es colocado dentro del vial de vidrio 2mL para analizar el extracto en el Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas Clarus 600 T Perkin Elmer (Figura 34) mediante las condiciones que se muestran en la Figura 35.

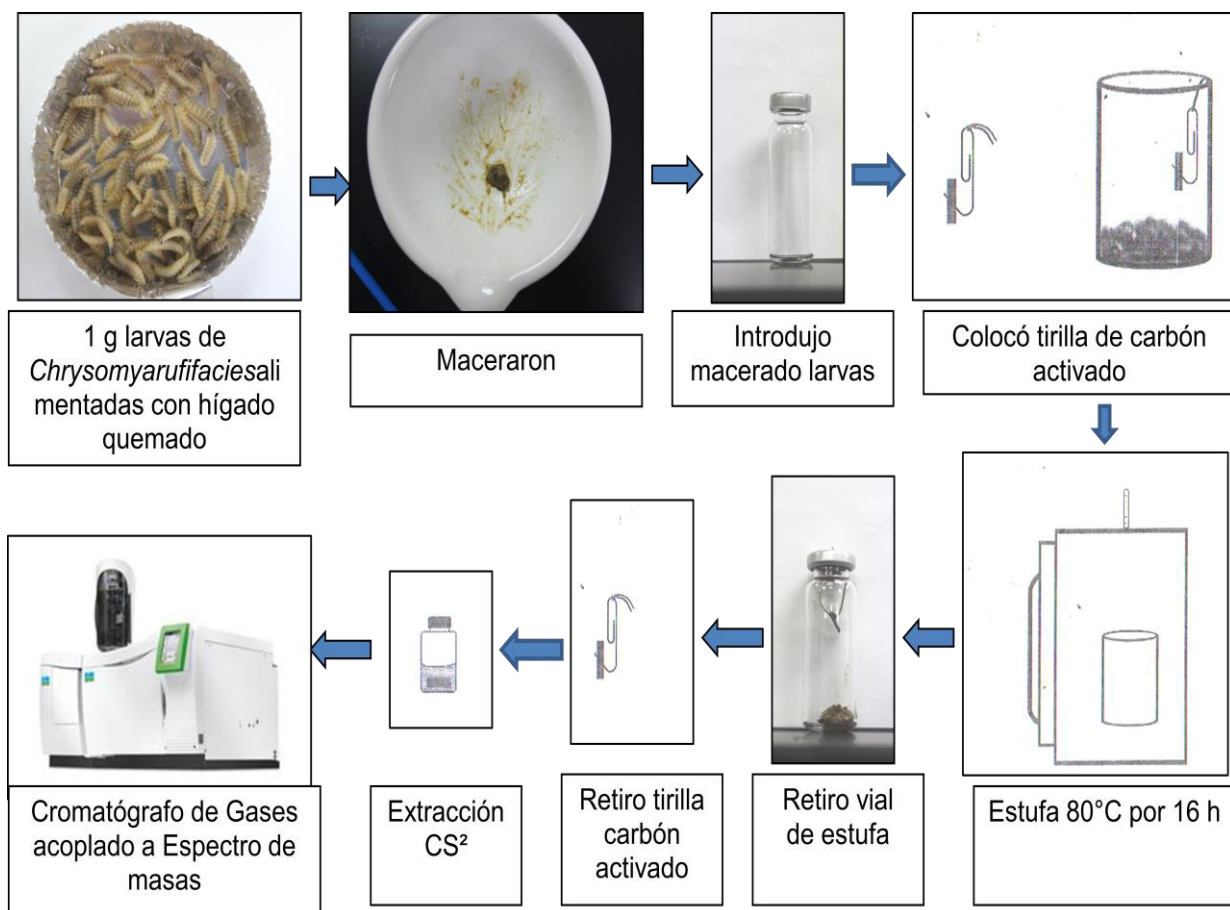


Figura 35. Proceso de separación y extracción de residuos de líquidos de ignición en larvas de dípteros

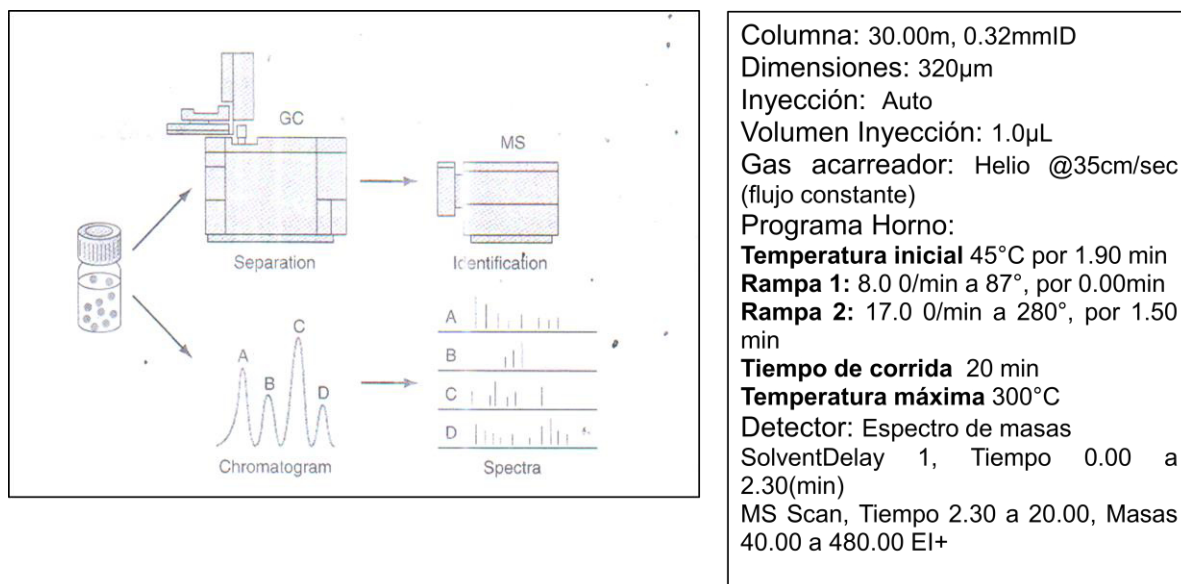


Figura 36. Condiciones del Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas Clarus 600 T Perkin Elmer para el análisis de residuos de líquidos de ignición

4.4. RESULTADOS

Los cromatogramas obtenidos del análisis instrumental de las muestras del: estándar RLI, control de gasolina comercial al 1%, control negativo de larvas y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con gasolina comercial, se muestran en la figura 37. En las larvas control se identificó el ácido propiónico en t_R 2.8 min, feniletilamina t_R 4.4 min y benzaldehído en t_R 6.2 min. La presencia de estos tres compuestos no se encuentra en la muestras de gasolina comercial. Los cromatogramas de las figuras 38, 39 y 40, presentan picos cromatográficos identificados por su espectro de masas y cotejo con la librería del equipo utilizada como material de referencia. En la tabla 15 se detallan cada uno de los compuesto encontrados.

Aún y cuando loscompuestos etilbenceno y 2-etiltolueno están presentes en la muestra control de gasolina comercial, estos mismos compuestos no se encuentran en la muestra de larvas alimentadas y expuestas a sustrato con gasolina comercial. Sin embargo cromatográficamente las muestra de larvas alimentadas y expuestas a sustrato con gasolina comercial comparte picos cromatográficos con la muestra de gasolina comercial los cuales se detallan en la tabla 15; ninguno de los picos cromatográficos encontrados en la muestra control de gasolina esta presente en la muestra de larvas control.

Además de la concordancia de compuestos identificados en la muestra de larvas alimentadas y expuestas a sustrato y la gasolina comercial, los patrones cromatográficos son concordantes en proporción de altura de grupos de picos, esto se puede apreciar principalmente en: la figura 39 en cuanto a la triada xilenos presente entre 4 y 5 min, y la figura 40 en cuanto a los picos correspondientes a los isómeros de tetrametilbenceno.

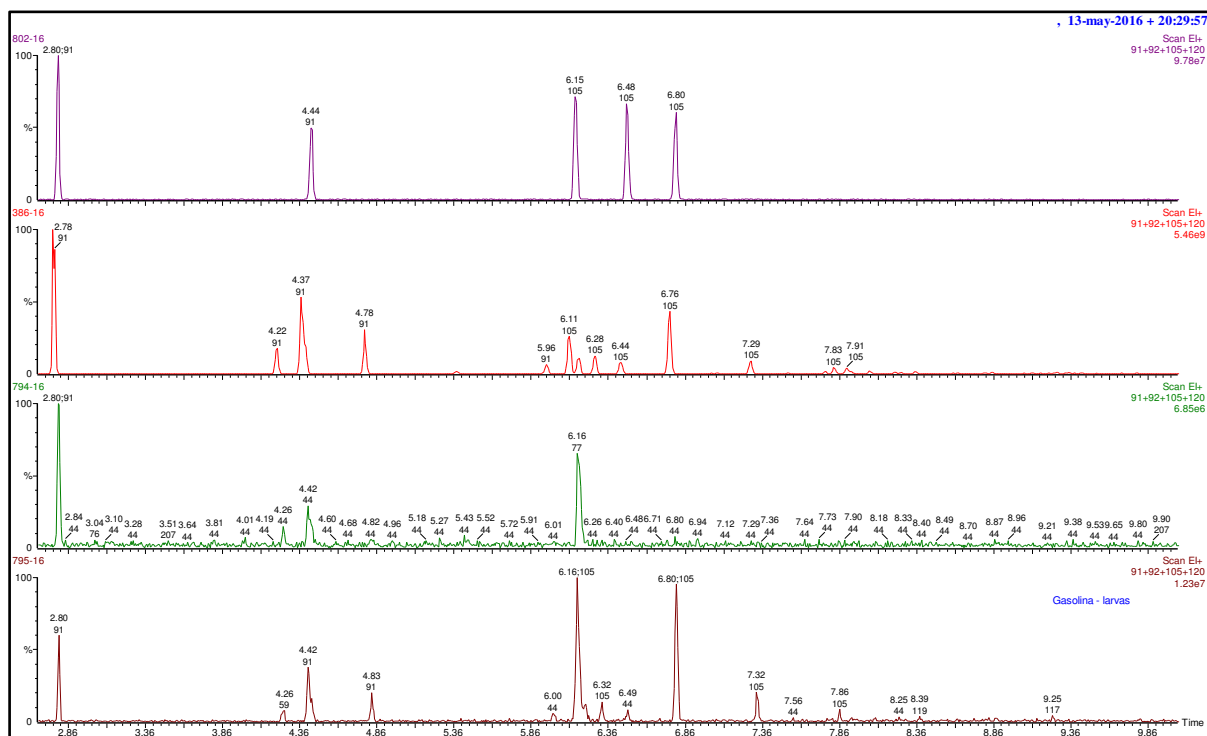


Figura 37. Cromatogramas de las muestras: estándar RLI, gasolina comercial al 1%, control negativo de larvas y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con gasolina comercial obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

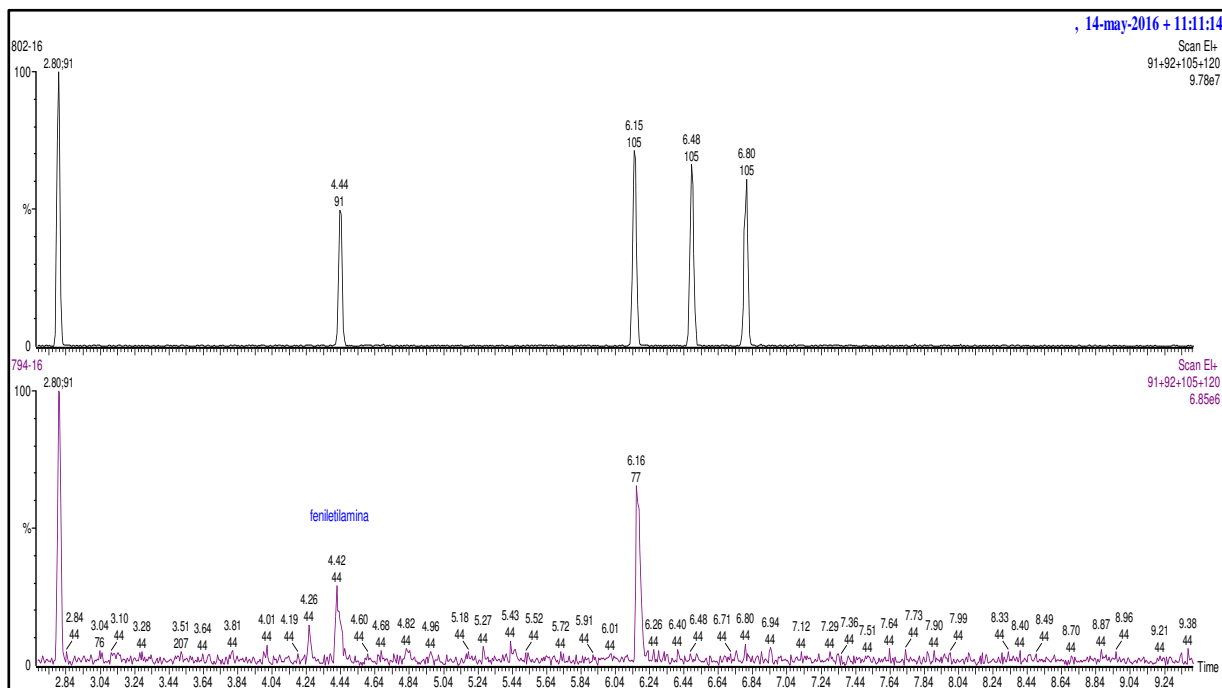


Figura 38. Cromatogramas de las muestras: estándar RLI y control negativo de larvas obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

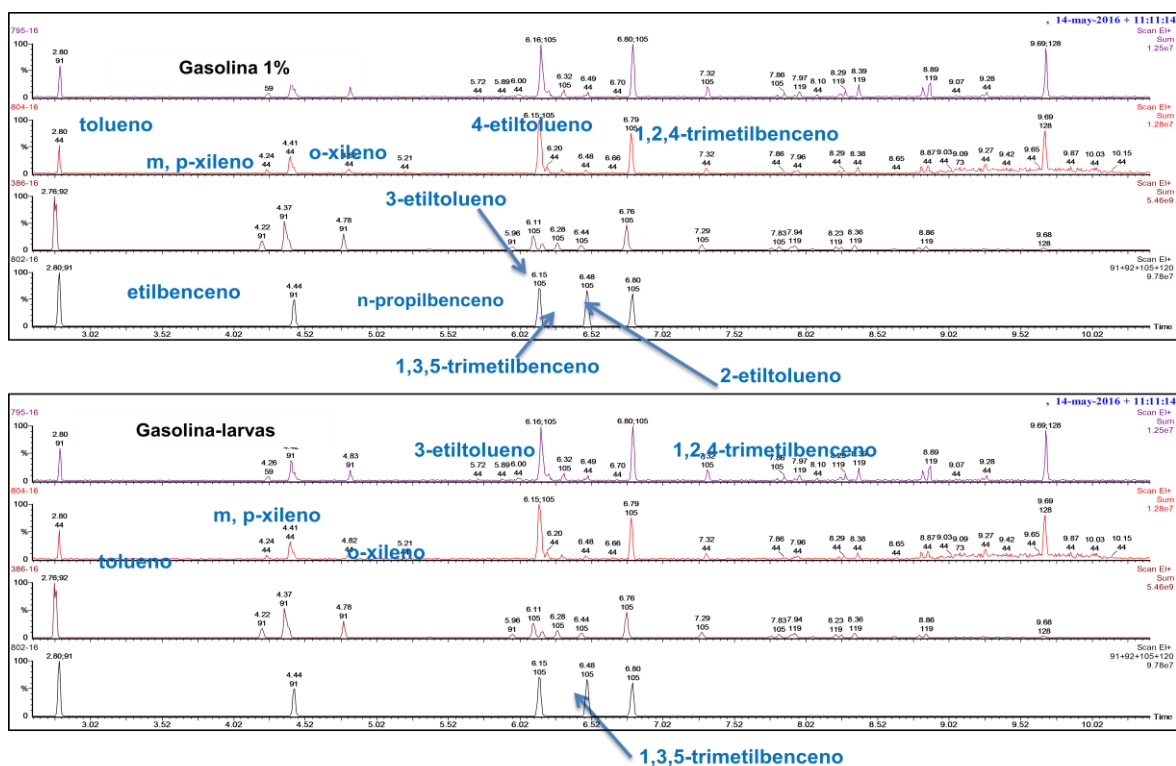


Figura 39. Cromatogramas de las muestras: gasolina comercial al 1%, y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con gasolina comercial obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

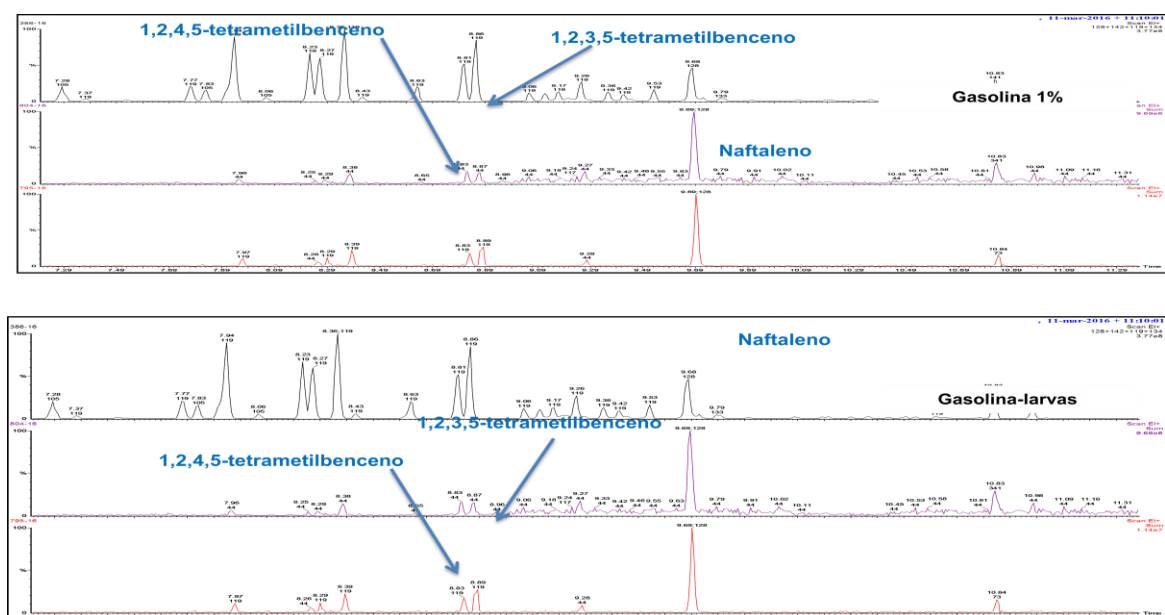


Figura 40. Cromatogramas de las muestras: gasolina comercial al 1% y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con gasolina comercial obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Tabla 15. Compuestos encontrados en muestras analizadas: gasolina 1% y larvas que fueron alimentadas con hígado quemado con gasolina analizadas en Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas Clarus 600 T Perkin Elmer

Compuesto	Pico base m/z	Gasolina 1% t _R min	Gasolina-larvas t _R min
tolueno	91	2.76	2.80
etilbenceno	91	4.22	-
m,p-xileno	91	4.37	4.42
o-xileno	91	4.78	4.83
n-propilbenceno	91	5.96	-
3-etiltolueno	105	6.11	6.16
4-etiltolueno	105	6.15	-
1,3,5-trimetilbenceno	105	6.28	6.32
2-etiltolueno	105	6.44	-
1,2,4 trimetilbenceno	105	6.76	6.80
1,2,4,5 tetrametilbenceno	119	8.81	8.83
1,2,3,5 tetrametilbenceno	119	8.86	8.89
naftaleno	128	9.68	9.69

Los cromatogramas obtenidos del análisis instrumental de las muestras de: control de Diesel comercial al 5%, control negativo de larvas y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con Diesel comercial, se muestran en la figura 41. Tal como se muestra en la figura 38 en las larvas control se identificó el ácido propiónico en t_R 2.8 min, feniletilamina t_R 4.4 min y benzaldehído en t_R 6.2 min. La presencia de estos tres compuestos no se encuentra en las muestras de Diesel comercial. Los cromatogramas de las figuras 41, 42 y 43, presentan picos cromatográficos identificados por su espectro de masas y cotejo con la librería del equipo utilizada como material de referencia. En la tabla 16 se detallan cada uno de los compuestos encontrados.

Ningún compuesto alifático saturado de cadena lineal no ramificado fue encontrado en la muestra de larvas alimentadas y expuestas a sustrato con Diesel comercial.

Aún y cuando la muestra de larvas alimentadas y expuestas a sustrato con Diesel comercial no presenta los compuestos: Octano, nonano y decano, comparte picos cromatográficos con la muestra de Diesel comercial los cuales se detallan en la tabla 16; ninguno de los picos cromatográficos encontrados en la muestra control de Diesel esta presente en la muestra de larvas control.

Además de la concordancia de compuestos identificados en la muestra de larvas alimentadas y expuestas a sustrato y la Diesel comercial, los patrones cromatográficos son concordantes en proporción de altura de grupos de picos, esto se puede apreciar principalmente en la figura 43 en cuanto a la forma de campana característica del grupo de compuestos alifáticos. Cabe señalar que en ambas muestras la presencia de picos cromatográficos de Pristano y fitano es la una constante también, ambos compuestos son característicos del Diesel.

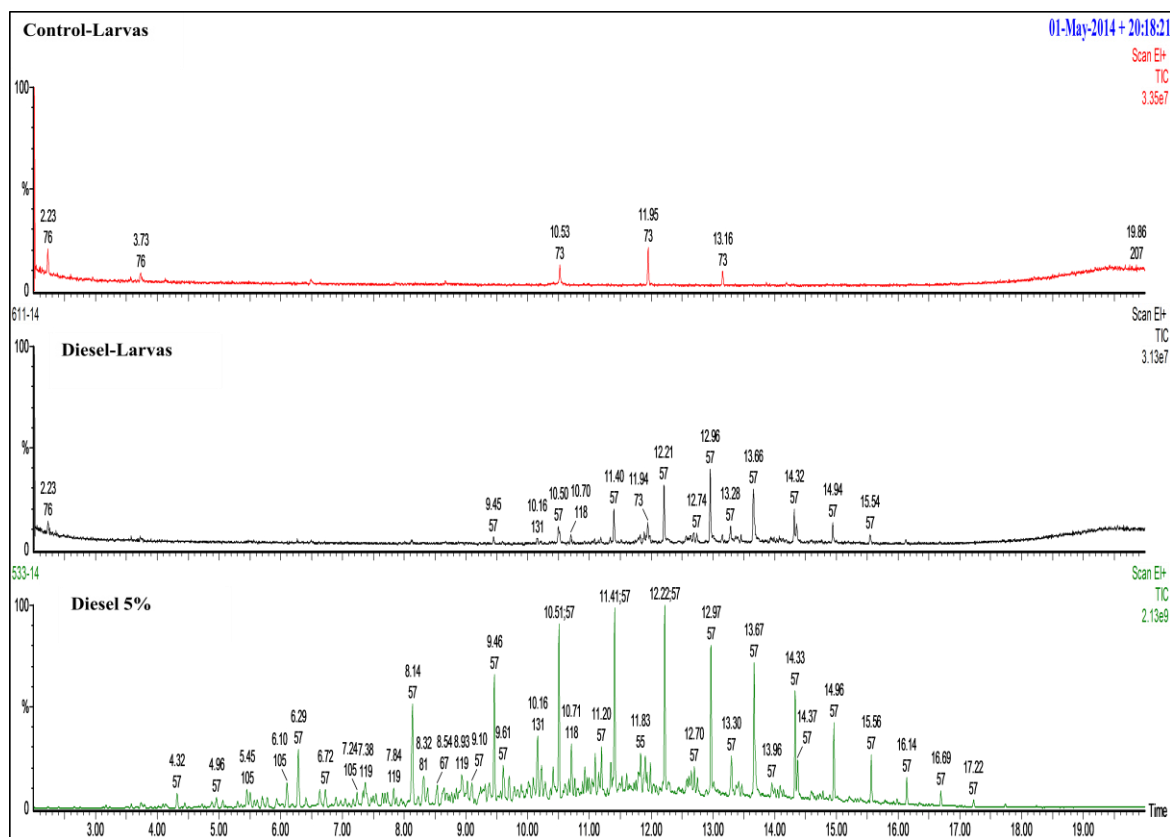


Figura 41. Cromatogramas de las muestras:, diesel comercial al 5%, larvas alimentadas y expuestas a sustrato con diesel comercialy control negativo de larvas obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

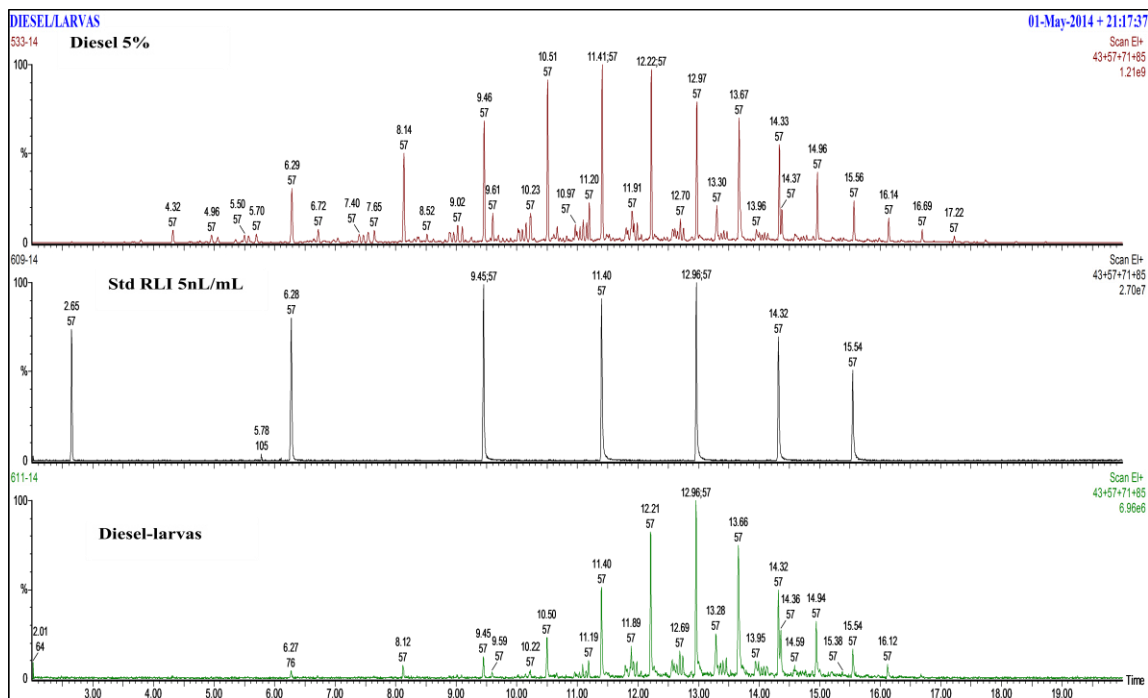


Figura 42. Cromatogramas de las muestras:, diesel comercial al 5%,estándar RLI 5ng/mL y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con diesel comercial obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

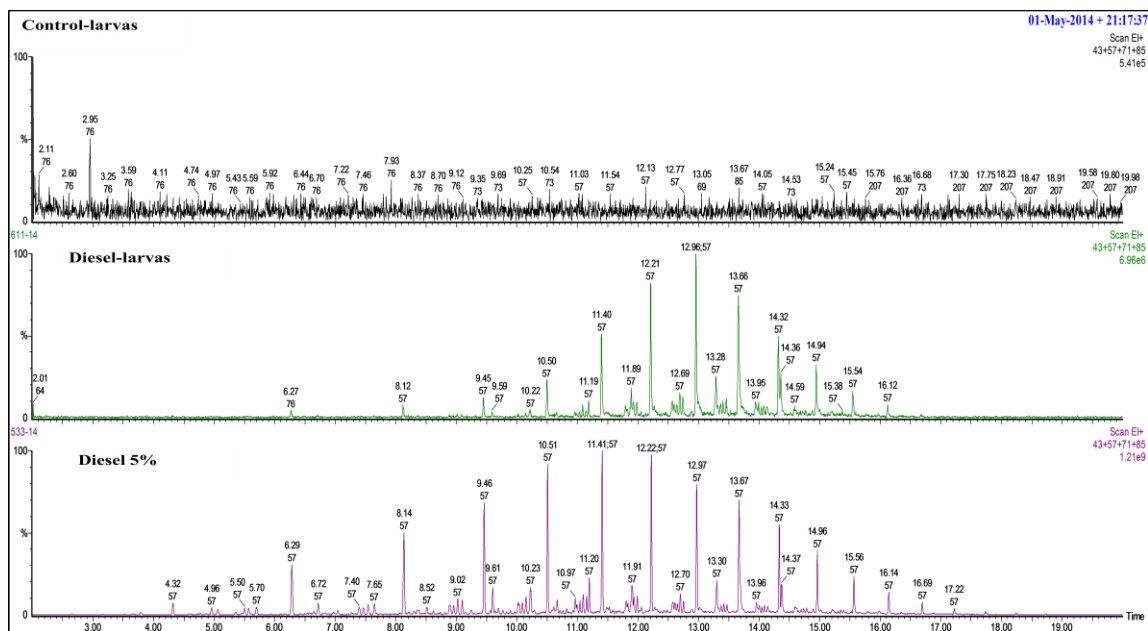


Figura 43.Cromatogramas de las muestras: diesel comercial al 5%,larvas alimentadas y expuestas a sustrato con diesel comercial y control negativo de larvasobtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Tabla 16. Compuestos encontrados en muestras analizadas: diesel 5% y larvas que fueron alimentadas con hígado quemado con diesel analizadas en Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas Clarus 600 T Perkin Elmer

Compuesto	Pico base m/z	Diesel 5%	Diesel-larvas
		t _R min	t _R min
Octano	57	2.65	-
Nonano	57	4.32	-
Decano	57	6.29	-
Undecano	57	8.14	8.12
Dodecano	57	9.46	9.45
Tridecano	57	10.51	10.50
Tetradecano	57	11.41	11.40
Pentadecano	57	12.22	12.21
Hexadecano	57	12.97	12.96
Heptadecano	57	13.67	13.66
Pristano	57	13.69	13.68
Octadecano	57	14.33	14.32
Fitano	57	14.37	14.36
Nonadecano	57	14.96	14.94
Eicosano	57	15.56	15.54
Heneicosano	57	16.14	16.12

Los cromatogramas obtenidos del análisis instrumental de las muestras de: control de thinner comercial al 5%, control negativo de larvas y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con thinner comercial, se muestran en la figura 44. Tal como se muestra en la figura 38 en las larvas control se identificó el ácido propiónico en t_R 2.8 min, feniletilamina t_R 4.4 min y benzaldehído en t_R 6.2 min. La presencia de estos tres compuestos no se encuentra en las muestras de thinner comercial. Los cromatogramas de las figuras 44, 45, 46 y 47, presentan picos cromatográficos identificados por su espectro de masas y cotejo con la librería del equipo utilizada como material de referencia. En la tabla 17 se detallan cada uno de los compuestos encontrados.

A diferencia de los tratamientos con Gasolina y Diesel en donde las larvas alimentadas con sustrato con estos iniciadores, las larvas alimentadas y expuestas a sustrato con thinner no presentan concordancia en los patrones cromatográficos en cuanto a proporción de altura de grupos de picos, esto se puede apreciar principalmente en la figuras 44, 45, 46y 47.

Cabe señalar que en las muestras: control negativo de larvas, larvas alimentadas y expuestas a sustrato con Diesel comercial, larvas alimentadas y expuestas a sustrato con Gasolina comercial y larvas alimentadas y expuestas a sustrato con Thinner comercial, presentan tolueno t_R 2.2 min.

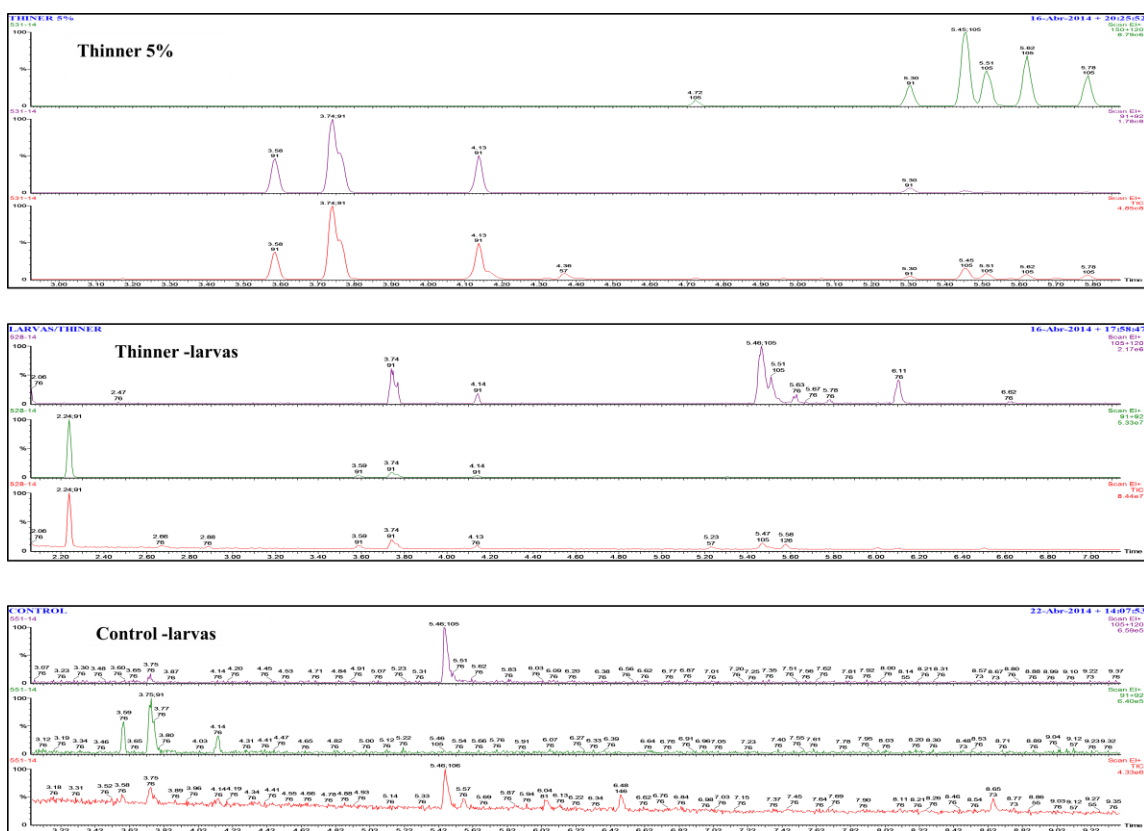


Figura 44.Cromatogramas de las muestras:thinner comercial al 5%,larvas alimentadas y expuestas a sustrato con thinner comercial y control negativo de larvas obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

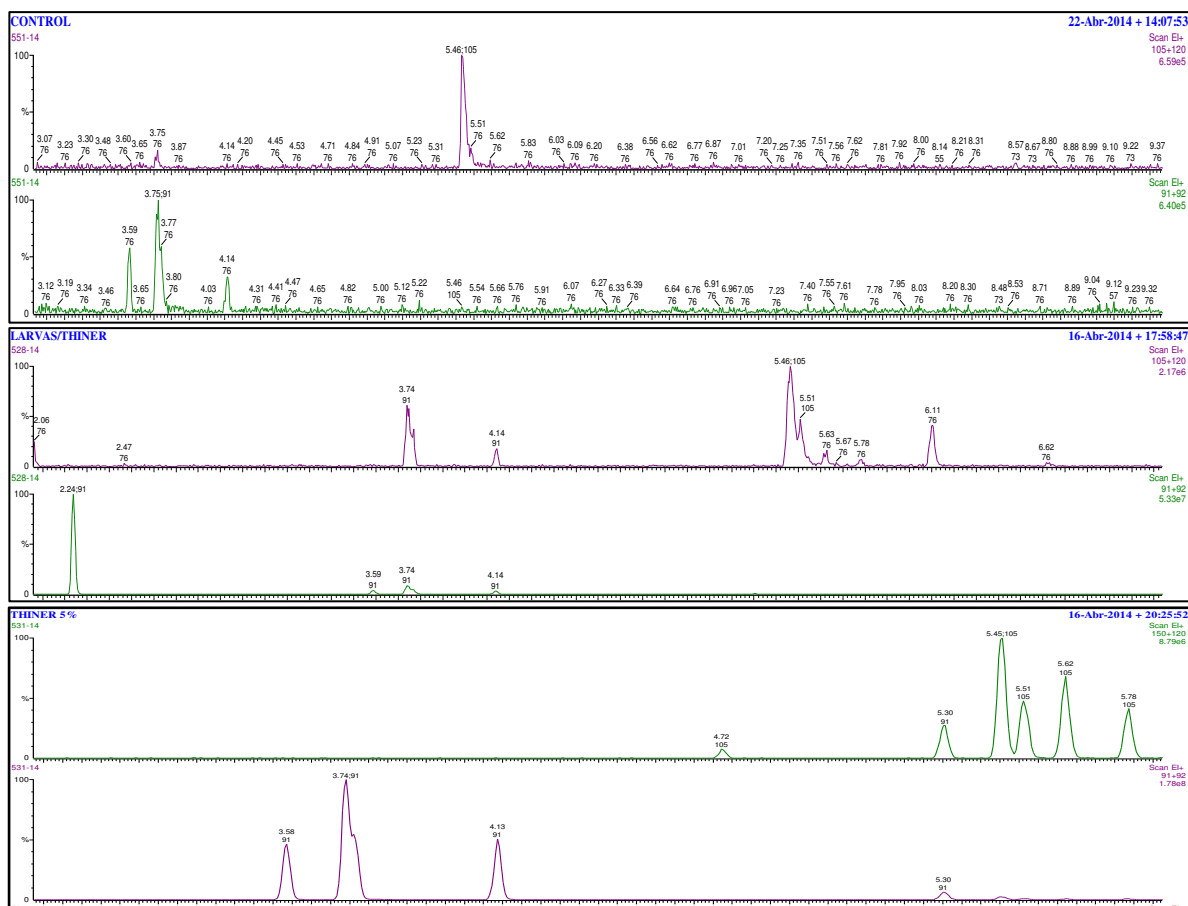


Figura 45. Cromatogramas de las muestras: control negativo de larvas, larvas alimentadas y expuestas a sustrato con thinner comercial y thinner comercial al 5% obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

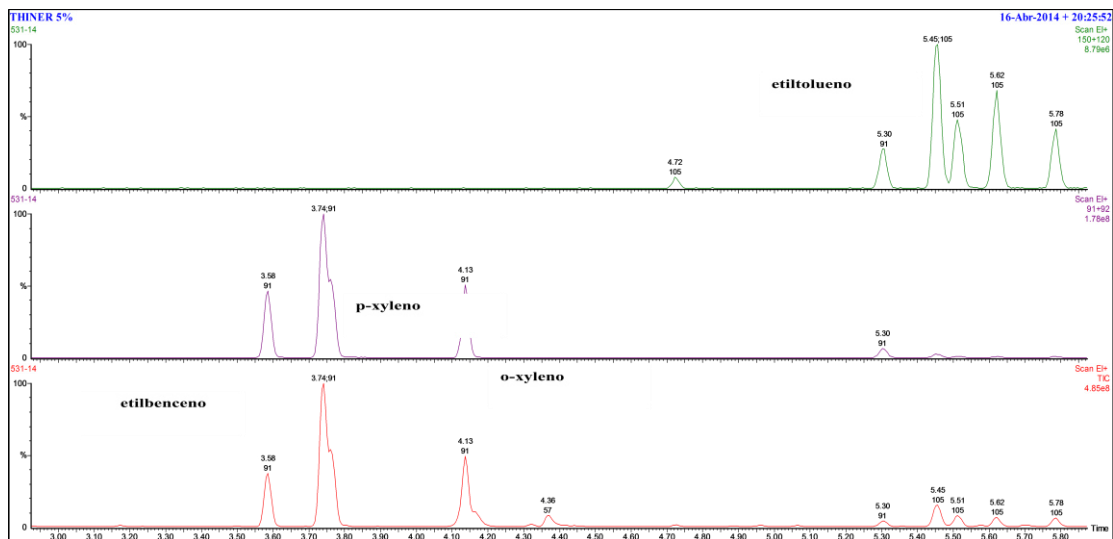


Figura 46. Cromatogramas de la muestra: thinner comercial al 5%, obtenido de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

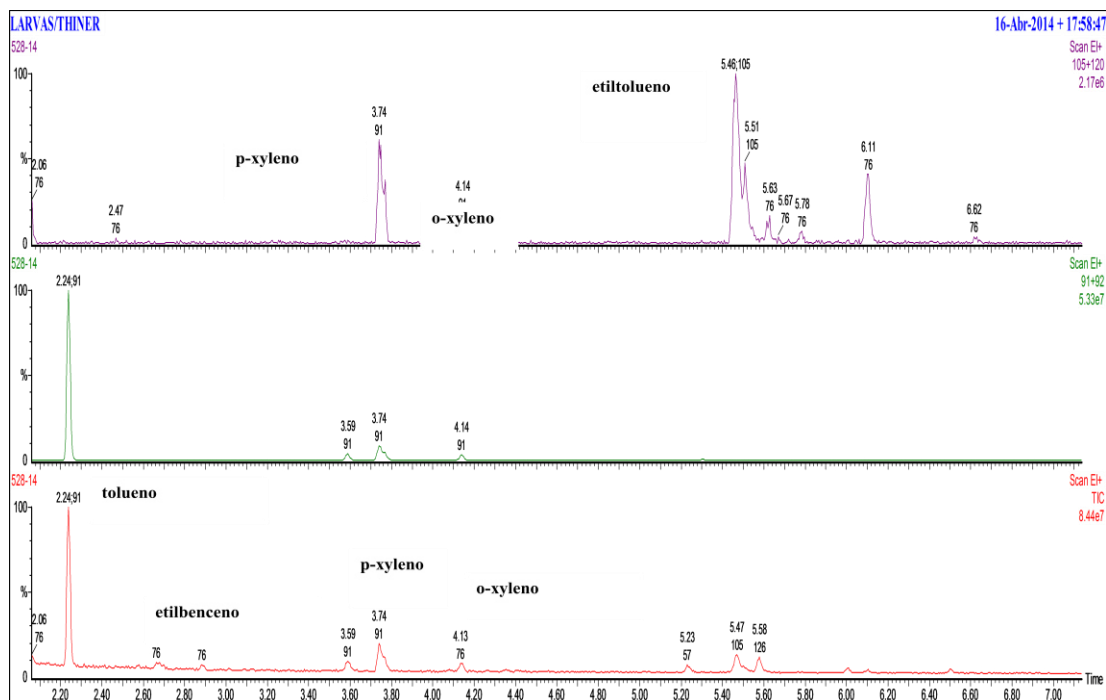


Figura 47. Cromatogramas de la muestra: larvas alimentadas y expuestas a sustrato con thinner comercial obtenidos de Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas

Tabla 17. Compuestos encontrados en muestras analizadas: thinner 5% y larvas que fueron alimentadas con hígado quemado con thinner analizadas en Cromatógrafo de Gases Clarus 680 Perkin Elmer acoplado a un Espectrómetro de Masas Clarus 600 T Perkin Elmer

Compuesto	Pico base m/z	Thinner 5% t_R min	Thinner-larvas t_R min
tolueno	91	2.23	2.24
etilbenceno	91	3.57	3.58
m,p-xileno	91	3.73	3.74
o-xileno	91	4.13	4.14
etiltolueno	105	5.45	5.46

4.5. DISCUSIÓN

El análisis químico de los restos de un incendio es un aspecto importante en el desarrollo de investigación, ya que con estos se trata de determinar si los residuos de una sustancia están presentes o fueron introducidos para facilitar la propagación de un incendio.

El analizar los restos de un incendio puede indicar la presencia de un líquido de ignición pero la volatilidad de estas sustancias disminuye la probabilidad de detección de los mismos con el tiempo. Cuando en el lugar de los hechos existe la presencia de restos humanos quemados o semiquemados, las muestras entomológicas pueden ser analizadas para la detección de líquidos ignición, como una alternativa en el rastreo de iniciadores de incendio Mingari, (2011); de ahí la decisión en el presente trabajo de desarrollar un método analítico en larvas de *Ch. rufifacies* las cuales son una de las principales especies de dípteros carroñeros que colonizan los cuerpos en estado de descomposición en el estado de Nuevo León (Solis-Esquivel, 2014).

Los líquidos de ignición son generalmente sustancias que aceleran un proceso químico como la combustión y ayudan a la propagación del fuego, los cuales son por lo general una mezcla de sustancias orgánicas dentro de las cuales podemos encontrar: keroseno, diluyentes de pinturas, gasolina y diesel; compuestos que son destilados del petróleo por lo que su detección no es tarea fácil Akinlabil *et al.*, (2012). Existen diversos tipos de líquidos de ignición los cuales se pueden dividir en clases, tales como: gasolina, destilados de petróleo, productos isoparafínicos, productos aromáticos, productos parafínicos, naftalénicos, alcanos, disolventes oxigenados ASTM E 1387-01, ASTM E 1618-10. Los destilados de petróleo son los líquidos ignición más comúnmente encontrados, muy probablemente debido a su bajo costo y la disponibilidad en la comunidad razón por la cual se llevó a cabo la detección de la gasolina en larvas de *Ch. rufifacies*.

La gasolina es mucho más volátil que el queroseno y es muy abundante en componentes aromáticos que incluyen alcanos de cadena ramificada, alcanos cíclicos, compuestos aromáticos. Los aromáticos son la clase de hidrocarburos más abundantes en la gasolina como: tolueno, xilenos, etilbenceno, n-propilbenceno, 3-etiltolueno, 2-etiltolueno, 1,2,4 trimetilbenceno, 1,3,5 trimetilbenceno, 1,2,4,5 tetrametilbenceno,

1,2,3,5 tetrametilbenceno, naftaleno, 1-metilnaftaleno, 2-metilnaftaleno, 1,3-dimetilnaftaleno Stauffer Erick *et al.*, (2003) razón por la cual en los cromatogramas obtenidos de larvas que fueron alimentadas con hígado quemado con gasolina presentan algunos de los compuestos antes mencionados a diferencia de las larvas consideradas control las cuales solo fueron alimentadas con hígado de res sin quemar no presentan ningún compuesto aromático.

El diesel es un destilado de petróleo de fracción pesada que contiene principalmente compuestos alifáticos (Figura 4). Presenta un patrón cromatografico característico al extraer los iones 43 + 57+71+85, con forma de Campana de Gauss y además se observan dobletes en C₁₇ y C₁₈ (Figura 5) dichos dobletes corresponden a pristano (2,6,10,14-tetrametilpentadecano) y fitano (2,6,10,14-tetrametilhexadecano) (Figura 6) los cuales son compuestos representativos presentes en el diesel estos dos biomarcadores son esenciales para la identificación y clasificación de los destilados de petróleo razón por la cual en los cromatogramas obtenidos de larvas que fueron alimentadas con hígado quemado con diesel presentan algunos de los compuestos antes mencionados.

El thinner también conocido como diluyente o adelgazador de pinturas es una mezcla de solventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo que ha sido diseñado para disolver, diluir o adelgazar sustancias insolubles en agua, como la pintura, los aceites y las grasas. El thinner tiene como solvente principal al tolueno, como cosolvente al benceno y como diluyente a una serie de solventes, sustancias todas ellas tóxicas para el hombre razón por la cual en los cromatogramas obtenidos de larvas que fueron alimentadas con hígado quemado con thinner presentan algunos de los compuestos antes mencionados.

CONCLUSIONES

Capítulo 1

- Los líquidos de ignición afectaron la colonización de insectos; menor en Diesel en las estaciones de primavera, verano e invierno y mayor en Thinner en las estaciones de primavera, verano y otoño.

Capítulo 2

- Los líquidos de ignición afectaron la riqueza y diversidad de insectos; menor en Diesel; mayor en Gasolina y Thinner aunque atrajo la colonización de insectos la riqueza y diversidad se vio disminuida.

Capítulo 3

- Los líquidos de ignición afectaron el crecimiento larval de *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae); aumentando tamaño larval en Diesel y Thinner y disminuyendo su tamaño larval en Gasolina.

Capítulo 4

- Se desarrollo de un método analítico para la detección de residuos de líquidos de ignición en larvas de dípteros carroñeros las cuales son una alternativa para la detección de líquidos de ignición.

PERSPECTIVAS

Este trabajo abre las puertas a diferentes líneas de investigación con referente al efecto de los líquidos de ignición:

- 1.- Validar método analítico desarrollado en dípteros carroñeros para su adecuada y correcta implementación en el Laboratorio de Química Forense.
- 2.- Evaluar los efectos de los líquidos de ignición en el desarrollo larval de *Ch. rufifacies* desde la oviposición hasta la etapa adulta.

BIBLIOGRAFÍA

- Abd El-bar, M.M. and Sawaby, R.F. 2011. A preliminary investigation of insect colonization and succession on remains of rabbits treated with an organophosphate insecticide in El-Qalyubiya Government of Egypt. *Forensic Science International* 208(1-3):26-30.
- Akinlabi, E. T., Isvarial, M. y Akinlabi, S. A. 2012. Design of Innovative Accelerant Detector. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*. 6(11): 2504-2508.
- Aldrich, J .M. 1916. *Sarwpliaga and allies in North America*. Thomas Say Found. pp 301.
- Amendt J, Krettek R, Zehner R. 2004. Forensic entomology. *Naturwissenschaften*. 91:51–65.
- Amendt, J., Richards, C.S., Campobasso, C.P., Zehner, R. y Hall, J.R. 2011. Forensic entomology: applications and limitations. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*. 7: 379-392.
- Anderson, P. J., E. Shipp, J.M.E. Anderson y W. Dobbie. 1988. Population maintenance of *Lucilia cuprina* (Wiedemann) in the Arid Zone. *Aust. J. Zool*. 36: 241-249.
- Anderson, G.S. & S.L. VanLaerhoven. 1996. Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences* 41:617-625.
- Altunsoy, F. y Basaran, A.G. 2011. Effects of thallium on the larval development of *Lucilia sericata* Meigen 1826 and PMI estimation. *Life Sciences and Biotechnology*. 1(2):103-112.
- Austin, K. M. and E.H.B. Lefroy. 1936. Sheep blowfly investigations. The effect of trapping on the incidence of strike in sheep. *Journal Council Scientific & Industrial Research (Aust.)*, Melbourne 9: 153162.
- Avila, F. W., Goff, M. L. 1998. Arthropod succession patterns onto burnt carrion in two contrasting habitats in the Hawaiian Islands. *Journal of Forensic Sciences*. 43(3): 581- 586.
- Bavel, T. and Gardner, R.M. 2008. Evaluating Impact Spatter Bloodstains in: *Bloodstain Pattern Analysis*, Bavel, T. and Gardner. 3 eds. CRC: Florida, pp. 226 227.

- Benecke, M. 2004. Forensic entomology: arthropods and corpses. En Tsokos M (ed.) Forensic Pathology Review Vol II Human Press Totowa (NJ USA) pp 207-240.
- Bohart, G. E. and J. L. Gressitt. 1951. Filth-inhabiting flies of Guam. Bull. Bernice P. Bishop Mus. pp 204.
- Byrd J.H. and J. L. Castner. 2001. Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations CRC Press Florida USA pp 331-340.
- Byrd, R.W. 2005. Autopsy Problem Associated With Postmortem Ant Activity. Forensic Science, Medicine, and Pathology. 1:37–40.
- Campobasso, C. P., G. Di Vella, and F. Introna. 2001. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. Forensic Sci. Int. 120: 18-27.
- Campobasso, C.P.; M. Gherardi, M. Caligara, L. Sironi & F. Introna. 2004. Drug analysis in blowfly larvae and in human tissues: a comparative study. International Journal of Legal Medicine. 118:210-214.
- Capinera JL. 2008. Encyclopedia of Entomology. Springer. Florida, pp. 1518–1519.
- Carvalho, C. J. B. & C. A. Mello-Patiu. 2008. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. Revista Brasileira de Entomologia 52: 390–406.
- Carvalho LML, Linhares AC, Trigo JR. 2001. Determination of drug levels and the effect of diazepam on the growth of necrophagous flies of forensic importance in southeastern Brazil. Forensic Sci Int. 120: 140–4.
- Charabidze D., Bourel B., Hedouin V., Gosset D. 2009. Repellent effect of some household products on fly attraction to cadavers. Forensic Sci Int. pp 28-33.
- De Jong, G.D. and W.W. Hoback. 2006. Effect of investigator disturbance in experimental forensic entomology: succession and community composition. Journal of Medical and Veterinary Entomology 20(2):248-258.
- Dekeirsschieter, J., F. J. Verheggen, M. Gohy, F. Hubrecht, L. Bourguignon, G. Lognay, and E. Haubruge. 2009. Cadaveric volatile organic compounds released by decaying pig carcasses (*Sus domesticus* L.) in different biotopes. Forensic Sci. Int. 189: 46-53.
- Diaz Marín, I.; J.G. Sarabia Negrín, Z. Fernández Marroquin, y M. Rosales Matamoros. 2011. Miasis cutánea. Reporte de caso. Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Rio. 15:269–279.

- Early, M. and M. L. Goff. 1986. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu, Hawaiian Islands, USA. *J. Med. Entomol.* 23: 520-531.
- Erzinclioglu, Y. Z. 1987. The larvae of some blowflies of medical and veterinary importance. *Med. Vet. Entomol.* 1: 121-125.
- Fiene, J. G., G. A. Sword, S. L. Van Laerhoven y A. M. Tarone. 2014. The role of spatial aggregation in forensic entomology. *J. Med. Entomol.* 51: 1- 9.
- Fuller, M. E. 1934. The insect inhabitants of carrion: a study in animal ecology. Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Bulletin 82, Melbourne.
- Furlanetto SMP, Campos MLC, Hárshi CM, Buralli GM, Ishihata GK. 1984. Microorganismos enteropatogênicos em moscas africanas pertencentes ao gênero *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) no Brasil. *Revista de Microbiologia.* 15:170-4.
- Gagne, R.J. 1981. *Chrysomya* spp., Old World blow flies (Diptera: Calliphoridae), recently established in the Americas. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 27: 21-22.
- Gagliano-Candela, R., Aventaggiato, L. 2001. The detection of toxic substances in entomological specimens. *Int J Legal Med.* 114:197–203.
- Getachew, S., T. Gebre-Michael, B. Erko, M. Balkew, and G. Medhin. 2007. Non-biting cyclorrhaphan flies (Diptera) as carriers of intestinal human parasites in slum areas of Addis Ababa, Ethiopia. *Acta. Trop.* 103:186-194.
- Gennard, D.E. 2007. Forensic Entomology. An Introduction. John Wiley & Sons. England. pp 1.
- George, K.A., Archer, M.S., Green, L.M., Conlan, X.A. and Toop, Tes. 2009. Effect of morphine on the growth rate of *Calliphorastygia* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae) and possible implications for forensic entomology. *Forensic Science International.* 193(1-3):21-25
- Glassman, D. M., and Crow, R. M. 1996. Standardization Model for Describing the Extent of Burn Injury to Human Remains. *Journal of Forensic Sciences.* 41 (1), 152-154.
- Goodbrod, J. R. and M. L. Goff. 1990. Effects of larval population density on rates of development and interactions between two species of *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) in laboratory culture. *J. Med. Entomol.* 27: 338-343.

- Goff, M. L. y Odom, C. B. 1987. Forensic entomology in the Hawaiian Islands. *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 8: 45-50.
- Goff, M. L., A. I. Omori y K. Gunatilake. 1988. Estimation of postmortem interval by arthropod succession: three case studies from the Hawaiian Islands. *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 9: 220-225.
- Goff, M.L., Omori, A.I., Goodbrod JR. 1989. Effect of cocaine in tissues on the development rate of *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae). *J Med Entomology*.26:91-3.
- Goff, M.L., Brown, W.A., Hewadikaram, K.A., Omori, A.I. 1991. Effects of heroin in decomposing tissues on the development rate of *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae) and implications of this effect on estimation of postmortem intervals using arthropod development patterns. *J Forensic Sci.*36:537-42.
- Goff, M.L., Brown, W.A., Hewadikaram, K.A., Omori, A.I. 1992. Preliminary observations of the effects of methamphetamine in decomposing tissues on the development rate of *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae) and implications of this effect on estimation of postmortem intervals using arthropod development patterns. *J Forensic Sci.*36:537-42.
- Goff, M.L., Brown, W.A., Omori, A.I., LaPointe, D.A. 1993. Preliminary observations of the effects of amitriptyline in decomposing tissues on the development of *Parasarcophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae) and implications of this effect to estimation of postmortem interval. *J Forensic Sci.*38:316-22.
- Goff, M.L. 2000. *A Fly for the Prosecution, How insects evidence helps solve crimes;* Harvard University Press, Cambridge Massachusetts. pp 225.
- Goff, M.L. 2003. Forensic Entomology. In: *Encyclopedia of Insect*, Resh VH and Cardé RT. Academic Press. California, pp. 437- 442.
- Goff, M. L., y W. D. Lord. 2010. Insect as toxicological indicator and the impact of drugs and toxin on insect development, pp.427-434.
- Gosselin, M., M. Ramírez Fernández, S.M.R. Wille, N. Samyn, G. Boeck and B. Bourel, 2010. Quantification of Methadone and its Metabolite 2-Ethylidene-1,5dimethyl-3,3-diphenylpyrrolidine in third instar larvae of *Lucilia sericata*

- (Diptera: Calliphoridae) Using Liquid Chromatography-Tandem Spectrometry. *Journal of Analytical Toxicology* 34(7): 374-380.
- Greenberg, B. 1971. Flies and disease, vol. 1. Ecology, classification and biotic associations. Princeton University Press, Princeton, NJ. pp73.
- Greenberg, B. 1973. Flies and Disease. Vol. 2. Biology and Disease Transmission. Princeton Univ. Press. pp.447.
- Greenberg, B. 1990. Behavior of postfeeding larvae of some Calliphoridae and muscid (Diptera). *Ann Entomol Soc Am.* 83:1210-4.
- Gurney, W. B. and A. R. Woodhill. 1926. Investigations on sheep blowflies. Part I Range of flight and longevity. *Dept. Agric. N.S.W. Sci. Bull.* 27: 3-19.
- Guimarães JH, Papavero N, Prado AP. 1983. As miasas na região neotropical (identificação, biologia, bibliografia). *Revista Brasileira de Zoologia.* 1(4):239–416.
- Hall, D.G. 1948. Blowflies of North America. Lafayette. Indiana. The Thomas Say Foundation.
- Hall, R.D. 2008. Forensic Entomology. In: *Encyclopedia of Entomology*. Capinera, J.L. 2da edición. Springer: Florida, pp. 1518-1519.
- Hall, R.D. 2010. Introduction: Perceptions and Status of Forensic Entomology. In: *Forensic Entomology: The utility of arthropods in legal investigations*. Byrd, H., Castner, J.L., 2da edición. CRC: Florida, pp. 1-17.
- Hardy, D. E. 1981. Insects of Hawaii, vol. 14. Diptera: Cyclorrhapha IV. University Press of Hawaii, Honolulu. pp 84.
- Heo, C.C., Mohamad A.M., Ahmad, F.M., Jeffery, J., Kurahashi, H. y Omar, B. 2008. Study of insect succession and rate of decomposition on a partially burned pig carcass in an oil palm plantation in Malaysia. *Tropical Biomedicine*. Vol. 25.no.3.pp 202-208.
- Holdaway, F.G. 1933. The synonymy and distribution of The synonymy and distribution of *Chrysomya rufifacies* (Macq.), an Australian sheep blowfly., *Bull. Entomol. Res.* 24: 549-560.
- Hédouin V, Bourel B, Martin-Bouyer L, Bécart A, Tournel G, Deveaux M. 1999. Morphine perfuse rabbits: a tool for experiments in forensic entomotoxicology. *J Forensic Sci.* 44(2):347–50.

- Ibrahim A., Galal H; Seufi M y Elhefnawy A. 2013. Insect succession associated with corpse's decomposition of the guinea pig *Cavia porcellus* in Benha city, Egypt. Egypt. Acad. J. Biolog. Sci. 5(1):1-20.
- Introna F, Campobasso C. P., Fazio A. Di. 1998. Three case studies in Forensic Entomology from Southern Italy. J. Forensic Sci. pp 210-214.
- Introna F, Campobasso CP, Goff ML. 2001. Entomotoxicology. Forensic Sci Int. 120:42-7
- James, M. T. 1947. The flies that cause myiasis in man. USDA Misc. Publ. 631.
- James, M. T. 1971. Genus *Chrysomya* in New Guinea (Diptera: Calliphoridae). Pac. Insects 13: 361-369.
- Jirón, L. F. 1979. On the calliphorid flies of Costa Rica (Diptera: Cyclorrhapha). Brenesia 16: 221-223.
- Jirón, L. F. and F. J. Marin. 1984. Notas complementarias sobre moscas Calíforidas de Costa Rica (Diptera: Calliphoridae). Brenesia 22: 65-68.
- Johnston, T. H. and O. W. Tiegs. 1922. Notes on the biology of some of the more common Queensland Muscoid flies. Proc. R. Soc. Queensl. 34: 77-101.
- Khole, V. 1979. State of hydration in post-embryonic stages of some blowflies (Calliphoridae; Diptera). Curr. Sci. 48: 273-274.
- Kintz P., Tracqui A., Ludes B., Waller J., Boukhabza A., Mangin P., Lugnier A.A., y Chaumont A.J. 1990. Fly larvae and their relevance in forensic toxicology. The American Journal of Forensic Medicine and Pathology 11 63-65.
- Kolver, Hendrik Jacobus. 2009. Forensic Entomology: The Influence of the Burning of a Body on Insect Succession and Calculation of the Postmortem Interval. Tesis Doctoral. University of the Free State, Bloemfontein, Sudáfrica.
- Kurahashi, H. 1981. Blow flies from Fiji, with descriptions of three new species of the genus *Onesia* (Diptera: Calliphoridae). Pac. Insects 23: 434-444.
- Kumara T.K., Abu Hassan A., Che Salmah M.R., Bhupinder S. 2012. Larval aggregation on a burned human remain. Tropical Biomedicine. 29(1):197-199.

- Lopes de Carvalho, L.M., Linhares, A.X. y Badan, F.A. 2012. The effect of cocaine on the development rate of immature and adults of *Chrysomya albiceps* and *Chrysomya putoria* (Diptera: Calliphoridae) and its importance to postmortem interval estimate. *Forensic Science International*. 220(1-3) :27-32.
- Liu, X., Shi, Y., Wang, H. y Zhang, R. 2009. Determination of Malathion levels and its effect on the development of *Chrysomya rufifacies* Fabricius in South China. *Forensic Science International*. 192(1-3):14–18.
- Mackerras, M. J. and M. R. Freney. 1933. Observations on the nutrition of the maggots Australian blowflies. *J. Exp. Biol.* 10: 237-246.
- Mackerras, M. J. 1933. Observations on the lifehistories, nutritional requirements and fecundity of blowflies. *Bull. Entomol. Res.* 24: 353-362.
- Mackerras, I. M. and M. E. Fuller. 1937. A survey of the Australian sheep blowflies. *J. Counc. Sci. Ind. Res. (Aust.)* 10: 261-270.
- Mackerras, I. M. and M. J. Mackerras. 1966. Sheep blowfly investigations: reattractiveness of sheep to *L. cuprina* (Wied.). Aust. (Melbourne) Commonwealth Council for Scientific & Industrial Research Bulletin 182.
- Martínez, H.; F. Jaramillo, J. Escoto, M.L. Rodríguez, F.A. Posadas y I.E. Medina. 2009. Estudio comparativo preliminar de la sucesión de insectos necrófagos en *Sus scrofa* intoxicado con paratión metílico, en tres periodos estacionales. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. 40(3):5-10.
- Mingari, L. 2011. An investigation into the recovery of ignitable liquid residues from entomological samples using solid-phase microextraction. (tesis doctoral). University of Technology, Sydney.
- Molina-Chávez H.; M. Nava-Hernández, J. Luy-Quijada, S. Gutiérrez-Rodríguez & N. Galindo-Miranda. 2010. Dípteros de interés forense asociados con la putrefacción cadavérica en la ciudad de México. *Entomología Mexicana* 9:761-765.
- Moule, G. R. 1951. The sheep blow fly problem in Queensland. *Queensl. Agric. J.* 72: 169-175.
- Murthy, V., and M. Mohanty. 2010. Entomotoxicology- A Review. *J. Indian. Acad. Forensic Med.* 32: 82-84.

- Nava-Hernández, M.; H. Molina-Chávez, J.A. Luy-Quijada & N.E. Galindo-Miranda. 2007. Retrospectiva y expectativa de la Entomología Forense en México. La experiencia en el Distrito Federal. Memorias del 1er. Simposio Latinoamericano de Entomología Forense, Sociedad Mexicana de Entomología pp 48-59.
- Norris, K. R. 1957. The ecology of sheep blowflies in Australia. In A. Keast, R. L. Crocker & C. S. Christian eds., Biogeography and ecology in Australia. Monographiae Biologicae, vol. 8. Junk, The Hague. (172) pp. 514-544.
- Norris, K. R. 1959. The ecology of sheep blowflies in Australia, pp. 514-544. In A. Keast, R. L. Crocker & C. S. Christian eds., Biogeography and ecology in Australia. Monographiae Biologicae, vol. 8. Junk, The Hague.
- Norris, K. R. 1966. Daily patterns of flight activity of blowflies (Calliphoridae: Diptera) in the Canberra district as indicated by trap catches. Aust. J. Zool. 14: 835-853.
- Nolte, K.B., Pinder, R.D., Lord, W.D. 1992. Insect larvae used to detect cocaine poisoning in a decomposed body. J Forensic Sci. 37:1179-85. 25.
- O'Brien y Turner Bryan. 2004. Impact of paracetamol on *Calliphora vicina* larval development. Int J Legal Med. 118:188-189.
- O'Flynn, M. A. y Moorhouse D. E.. 1979. Species of *Chrysomya* as primary flies in carrion. J. Aust. Entomol. Soc. 18: 31-32
- O'Flynn, M. A. 1980. Identification of early immature stages of some common Queensland carrion flies. J. Aust. Entomol. Soc. 19: 53-61.
- O'Flynn, M. A. 1983. The succession and rate of development of blowflies in carrion in southern Queensland and the application of these data to forensic entomology. J. Aust. Entomol. Soc. 22: 137-148.
- Oliveira-Costa J. 2003. Entomologia forense: quando os insetos são vestígios. Campinas: Millenium.
- Oliveira HG, Gomes G, Morlin JJ, Von Zuben CJ, Linhares AX. 2009. The effect of Buscopan® on the development of the blow fly *Chrysomya megacephala* (F.) (Diptera: Calliphoridae). J Forensic Sci. 54(1):202-206.
- Patton, W. S. 1922. Some notes on Indian Calliphorinae, part IV. *Chrysomya albiceps* Wied. (rufifacies Froggatt); one of the Australian sheep maggot flies and *Chrysomya villeneuvei*, sp. nov. Indian J. Med. Res. 9: 561-569.

- Patton, W. S. 1922. Some notes on Indian Calliphorinae, part VI. How to recognize the Indian myiasis-producing flies and their larvae, together with some notes on how to breed them and study their habits. Indian J. Med. Res. 9: 635-653.
- Palmer, D. H. 1980. Partitioning of the carrion resource by sympatric Calliphoridae (Diptera) near Melbourne. Ph.D. dissertation, LaTrobe University, Bundoora, Victoria, Aust.
- Poorbaugh, J. H. 1989. *Chrysomya* blow flies found in California. Vector Ecol. Newsl. 20(2): 8-9.
- Pounder D.J. 1991. Forensic entomo-toxicology. Journal of Forensic Sciences 31 469-472.
- Prado, A. P. and J. H. Guimaraes. 1982. Estado atual de dispersao e distribuicao do genero *Chrysomya* Robineau-Desvoidy na regio neotropical (Diptera, Calliphoridae). Rev. Bras. Entomol. 26: 225-231.
- Quiroz-Martínez, H. & V.A. Rodríguez-Castro. 2007. Entomología forense en Nuevo León. *Memorias del 1er. Simposio Latinoamericano de Entomología forense, Sociedad Mexicana de Entomología* 61-71.
- Richard, R. D. and R. R. Gerrish. 1983. The first confirmed field case of myiasis produced by *Chrysomya* sp. (Diptera: Calliphoridae) in the continental United States. J. Med. Entomol. 20: 685.
- Roy, D. N. and L. fi. Siddons. 1939. On the life history and bionomics of *Chrysomya rufifacies* Macq. (Order Diptera, Family Calliphoridae). Parasitology 31: 442-447.
- Sadler DW, Robertson L, Brown G, Fuke C, Pounder DJ. 1997. Barbiturates and analgesics in *Calliphora vicina* larvae. J Forensic Sci. 42(3):481-5.
- Schmidt, C. D. and S. E. Kunz. 1985. Reproduction of *Chrysomya rufifacies* (Macquart) in the laboratory. Southwest. Entomol. 10: 163-166.
- Semarnat. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. NOM-144 SEMARNAT-2012. Que establece las medidas fitosanitarias reconocidas internacionalmente para el embalaje de madera, que se utiliza en el comercio internacional de bienes y mercancías. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.

- Shishido, W. H. & D. E. Hardy. 1969. Myiasis of new-born calves in Hawaii. *Proc. Hawaii. Entomol. Soc.* 20: 435-438
- Silva-Mello, R. and Aguiar-Coelho. 2009. Durations of immature stage development period of *Nasionia vitripennis* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae) under laboratory conditions: implications for forensic entomology. *Parasitology Research* 104(2): 411-418.
- Simmons, T.; R.E. Adlam & C. Moffatt. 2010. Debugging decomposition data- Comparative taphonomic studies and influence of insects and carcass size on decomposition rate. *Journal of Forensic Sciences* 55: 8-13.
- Smith, K. G. V. 1973. Insects and other arthropods of medical importance. Trustees of the British Museum (Natural History).
- Smith, K. G.V. 1986. A Manual of Forensic Entomology. Cornell University Press: London.
- Solis Esquivel, E. 2014. Estudio Entomotoxicológico de Paratión, Carbofurano y Cocaína en larvas de mosca carroñera de interés médico forense en el estado de Nuevo León. (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- SSA. Secretaria de Salud. 1999. NOM-147-SSA1-1996. Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.
- SSA. Secretaria de Salud. 2010. NOM-251-SSA1-2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.
- Subramanian, H. and K. R. Mohan. 1980. Biology of the blowflies *Chrysomya megacephala*, *Chrysomya rufifacies*, and *Lucilia cuprina*. *Kerala J. Vet. Sci.* 11: 252-261.
- Sukontason, K.L.; K. Sukontason, P. Narongchai, S. Lertthamnongtham, S. Piangjai & J.K. Olson. 2001. *Chrysomya rufifacies* (Macquart) as a forensically-important fly species in Thailand: a case report. *Journal of Vector Ecology* 26:162-164.

- Sukontason, K., Piangjai, S., Siri wattanarungsee, S., and Sukontason, K. 2008. Morphology and developmental rate of blowflies *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya rufifacies* in Thailand: Application in forensic entomology. Retrieved November 12, 2014.
- Tillyard, R. J. and H. R. Seddon. 1933. The sheep blowfly problem in Australia. Report No. 1, Australian Council of Scientific & Industrial Research, Pamphlet 37 (N.S.W. Dept. Agric. Sci. Bull. 40), Melbourne.
- Triplehorn, C.A., N.F Johnson. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Thomson Brooks/Cole, USA. pp 864.
- Tullis, K. and M. L. Goff. 1987. Arthropod succession in exposed carrion in a tropical rainforest on O'ahu Island, Hawai'i. J. Med. Entomol. 24: 332-339.
- Ullerich, F. H. 1984. Analysis of sex determination in the monogenic blowfly *Chrysomya rufifacies* by pole cell transplantation. Mol. Gen. Genet. 193: 479-487.
- Ubelaker, D.H., Scammell H., 1992. Bones: a Forensic Detective's Casebook. Edward Burlingame Books, New York.
- Vergara-Pineda, S.; H. deLeon-Muzquiz, O. García-Martínez, M. Sifuentes-Cantu, M.H. Badii & J.K. Tomberlin. 2009. Comportamiento de arribo de moscas necrófagas (Diptera: Calliphoridae) a un cadáver humano. *Entomologia Mexicana* 8:792-797.
- Villanueva Cañadas, E. 2010. Data de la muerte y otros problemas tanatológicos médico legales en: Medicina legal y toxicología. Calabuig, G. 6 eds. Elsevier-Masson. España. pp. 256.
- Vogt, W. G. 1988. Influence of weather on trap catches of *Chrysomya rufifacies* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae). J. Aust. Entomol. Soc. 27: 99-103.
- Von Zuben CJ, Bassanezi RC, Dos Reis SF, Godoy WAC, Von Zuben FJ. 1996. Theoretical approaches to forensic entomology: I. Mathematical model of postfeeding larval dispersal. J Appl Ent. 120:379-82.
- Von Zuben CJ. 2001. Zoologia aplicada: recentes avanços em estudos de entomologia forense. Entomologia y Vectores. 8(2):173-83.

- Waterhouse, D. F. 1947. The relative importance of live sheep and of carrion as breeding grounds for the Australian sheep blowfly, *Lucilia cuprina*. Australian (Melbourne) Commonwealth Council Scientific Industrial Research Bulletin. pp 217.
- Wilton, D. P. 1954. A study of a blowfly, *Chrysomya rufifacies* (Macquart), with special reference to its reproductive behavior (Diptera: Calliphoridae). M.S. thesis, University of Hawaii, Honolulu.
- Whitworth, T. 2006. Keys to the genera and species of blow flies (Diptera: Calliphoridae) of America North of Mexico. Proceedings of the Entomological Society of Washington. (108): 689–725.
- Yang, S., and Shiao, S. 2012. Oviposition Preferences of Two Forensically Important Blow Fly Species, *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae), and Implications for Postmortem Interval Estimation. Retrieved November 12, 2014.
- Yan-Wei, Shi, Y., Xiao-Shan, Liu, X., Hai-Yang, Wang, H. y Zhang, R. 2010. Effect of Malathion on the Insect Succession and the Development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) in the Field and Implications for Estimating Postmortem Interval. American Journal of Forensic Medicine, and Pathology. 31(1): 46 -51.
- Zepeda-Cavazos, I.G. 2012. Línea de crecimiento de *Musca domestica* (Linnaeus) (Diptera: Musidae) y su uso para la estimación del intervalo post-mortem. Tesis de Licenciatura. UANL.
- Zumpt, F. 1965. Myiasis in man and animals in the Old World. Butterworths, London. pp 274.
- Zuñiga Carrasco, I.R. 2009. Miasis: un problema de salud poco estudiado en México. Revista de Enfermedades Infecciosas en Pediatría. 12: 121 – 125.
- Zuha, R.M.; M. Supriyani and B. Omar. 2008. Fly artifact documentation of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae) a forensically important blowfly species in Malaysia. Tropical Biomedicine 25: 17- 22.

ANEXOS

ANEXO I: ELABORACIÓN TRAMPAS DE BOTELLA

Procedimiento

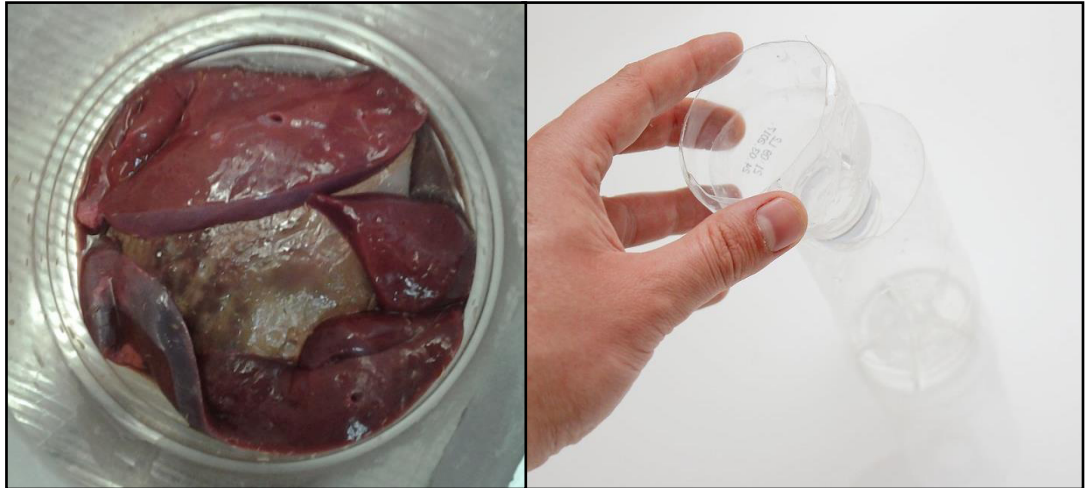
1. Tomar dos botellas de plástico solas



2. Cortar la parte superior de las botellas



3. Introducir trozos de hígado de res en la parte inferior de una de las botellas, la parte superior de la botella cortada darle vuelta a la pieza y méterla en la mitad inferior de la botella. Si lo cortaste lo suficientemente cerca del borde del embudo deberá adherirse al interior al deslizarlo. En la parte inferior de la botella realizar unos pequeños orificios para propiciar la entrada de las moscas a la botella.



4. Junta la otra parte superior de la otra botella con los bordes cortados de la primer botella con cinta adhesiva



RESUMEN BIOGRÁFICO

Brenda Guadalupe Silva Salinas

Candidato para el grado de

Doctor en Ciencias con acentuación en Entomología Médica

Tesis: EFECTO DE TRES LIQUÍDOS DE IGNICIÓN, DERIVADOS DEL PETRÓLEO (GASOLINA, DIESEL Y THINNER) EN LA COLONIZACIÓN Y SUCESIÓN EN INSECTOS NECRÓFAGOS, Y SU DETERMINACIÓN Y EFECTO EN LARVAS DE *Chrysomya ruficacies* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae)

Campo de Estudio: Entomología Médica.

Datos personales: Nacida en Monterrey, Nuevo León, el 31 de agosto de 1985, hija de Bertha Salinas Vázquez y Alfredo Silva Hinojosa.

Educación: Egresada de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido Licenciatura Químico Bacteriólogo Parasitólogo en 2007; Egresada de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido Maestría en Ciencias con Acentuación en Entomología Médica en 2010.

Experiencia Profesional: Entomólogo de los programas de Prevención y Control de Dengue y Virus del Nilo enfermedades transmitidas por Vectores en la Secretaría de Salud del Estado de Nuevo León, 2007 a 2009. Supervisor en Biosina. Manejo Integrado de Plagas en Industria de Alimentos, Abril a Julio 2010. Entomólogo Estatal de la Secretaría de Salud del Estado de Nuevo León, Agosto 2010 a Enero 2011. Perito Químico PGJ del Edo de Nuevo León Enero 2011 a la fecha.